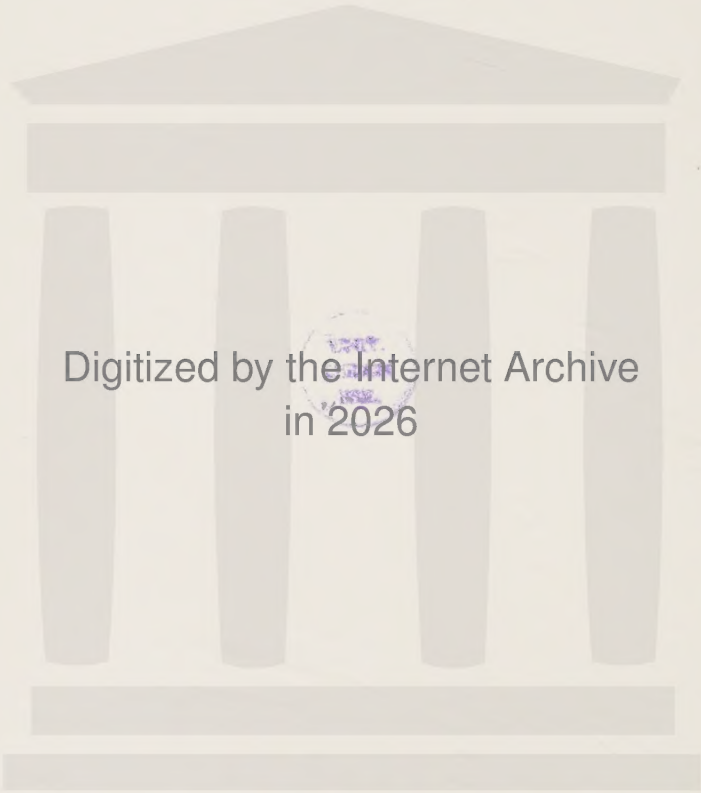
Verhalten der R- und QRS-Amplituden unter Belastung in Abhängigkeit von regionaler Myocardischämie vor und nach Bypassoperation

Dieter Nischwitz

Diss. Frankfurt a/M
1984


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41523703_0007

Aus dem Zentrum
der Inneren Medizin
der
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
- Abteilung für Kardiologie -
(Leiter: Prof. Dr. M. Kaltenbach)

Verhalten der R- und QRS-Amplituden unter Belastung in Abhängigkeit von regionaler Myocardischämie vor und nach Bypassoperation

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von
Dieter Nischwitz
aus Frankfurt am Main

Frankfurt am Main 1984

Dekan: Professor Dr. med. H.J. Müller
Referent: Professor Dr. med. G. Kober
Korreferent: Professor Dr. med. E. Krause

Tag der mündlichen Prüfung 8.6.1984

Meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	1
II. Patienten und Methode	3
2.1. Belastungs-EKG vor und nach Bypassoperation	4
2.2. Herzkatheteruntersuchung vor und nach Bypassoperation	6
2.3. Subjektive Angaben über Beschwerden vor und nach Bypassoperation	8
III. Ergebnisse	9
3.1. Qualitative Auswertung	18
3.1.1. Verhalten der R- und QRS-Amplituden unter Belastung in Abhängigkeit von den revaskularisierten Gefäßen	23
3.1.2. Verhalten der R- und QRS-Amplituden unter Belastung in Abhängigkeit von der linksventrikulären Auswurfrate	29
3.1.3. Verhalten der R- und QRS-Amplituden unter Belastung in Abhängigkeit vom Koronarscore	33
3.1.4. Verhalten der R- und QRS-Amplituden unter Belastung in Abhängigkeit von der regionalen Ventrikelfunktion	35
3.2. Quantitative Auswertung	37
3.2.1. Abbildungen 2-32	41-71
IV. Diskussion	72
V. Zusammenfassung	77
VI. Literaturverzeichnis	79

Liste der Abkürzungen

HK - Herzkatheter
prä Op - präoperativ
post Op - postoperativ
HW - Hinterwand
VW - Vorderwand
H - Hypokinesie
A - Akinesie
N - Normokinesie
Bel - Belastung
Ge - Geschlecht
m - männlich
w - weiblich
Max Bel - Maximale Belastung
HF - Herzfrequenz
Beschw. - Beschwerden
AP - Angina pectoris
DYSP - Dyspnoe
Schw - Schwindel
Pat - Patient
L.v.B. - Liegen vor Belastung
S.v.B. - Stehen vor Belastung
sog. path. Ampl. Reaktion - sogenannte pathologische Amplitudenreaktion
RIA - Ramus interventricularis anterior
RC - Ramus circumflexus
RCA - Rechte Koronararterie
EF - Auswurfrate
Standardabw. - Standardabweichung
SEM - mittlerer Fehler des Mittelwertes, Standardfehler
KHK - Koronare Herzkrankheit
LVEDP $\hat{=}$ EDP - linksventirkulärer enddiastolischer Druck
LVEDV $\hat{=}$ EDV - linksventrikuläres enddiastolisches Volumen
LVESV $\hat{=}$ ESV - linksventrikuläres endsystolisches Volumen

I. Einleitung

Die klinische Bedeutung von Belastungsuntersuchungen als nichtinvasive Methode zur Diagnose der koronaren Herzkrankheit ist seit langem unbestritten.

Kriterium des positiven Belastungs-EKG zur Diagnose der koronaren Herzkrankheit ist die horizontale oder deszendierende ST-Streckensenkung. Durch den Vergleich mit Ergebnissen der selektiven Koronarangiographie ist heute gesichert, daß eine auf submaximaler Belastungsstufe durchgeführte Belastungsuntersuchung in der Lage ist, mit Treffsicherheit von 90% oder mehr eine Koronarinsuffizienz zu erkennen oder auszuschließen (28).

Die Höhe von R-Amplituden wurden in der Vergangenheit im Hinblick auf extrakardiale (Adipositas, Ödeme, Ergüsse, Myxödem) und kardiale Einflüsse (Perikarderguß, Linksherzhypertrophie, Lage der Herzachse, Herzinfarkt) untersucht.

Auch akute Änderungen der R-Amplitude bei plötzlichem Blutverlust wurden bereits früh beschrieben (35). Aus tierexperimentellen Arbeiten ist bekannt, daß akute Füllungsschwankungen des Herzens mit R-Amplitudenänderungen einhergehen können (37,2,17).

Man hat solche Änderungen dem sogenannten Brody-Effekt (13) zugeschrieben.
Hiernach werden bei einer Vermehrung des gut leitfähigen Blutes in den Herzhöhlen endokardiale tangentiale Teilvektoren vermehrt kurzgeschlossen, und es kommt zum Überwiegen von radiären Vektoren, die im Oberflächen EKG in geeigneten Ableitungen zur Erhöhung der R-Amplituden führen.

Aktuelle Bedeutung erlangten Änderungen der R- und QRS-Amplituden, seitdem Bonoris et al. (11) beschrieben, daß diese Parameter unter Belastung einen zusätzlichen Hinweis auf eine Myocardischämie geben könnten. Verantwortlich hierfür seien im Rahmen ischämischer Ventrikelfunktions-

störungen auftretende Unterschiede der Herzfüllung.

Die Sensitivität und Spezifität des Belastungs-EKG für die Erkennung einer koronaren Herzkrankheit sollte unter Berücksichtigung von R- und QRS-Amplitudenänderungen weiter gesteigert werden können, wie in verschiedenen Studien (9,11) beschrieben.

Von anderen Autoren hingegen wurde der klinische Stellenwert von R- und QRS-Amplitudenänderungen bestritten (49,4,48). In der vorliegenden Untersuchung wurde die klinische Bedeutung von R- und QRS-Amplitudenänderungen im Belastungs-EKG für die Erkennung einer koronaren Herzkrankheit intraindividuell geprüft.

Darüber hinaus wurde untersucht, ob die bisher vorliegenden widersprüchlichen Resultate auf die regionale Lokalisation der Myocardischämie zurückzuführen sind.

II. Patienten und Methode

Im Rahmen der Studie wurden Patienten mit angiographisch gesicherter koronarer Herzkrankheit untersucht, die für eine aortokoronare Bypass-Operation vorgesehen waren. Somit war ein intraindividueller Vergleich von Daten der Patienten vor bzw. nach Operation möglich.

Folgende Untersuchungsergebnisse gelangten zur Auswertung (Tabelle 1):

1) Belastungs-Elektrokardiogramme vor und nach Bypassoperation
2) Koronarangiographie und Ventrikulographie vor und nach Bypassoperation
3) Subjektive Beschwerden: Angina pectoris, Dyspnoe, Schwindel vor und nach Bypassoperation

Tabelle 1

	präoperativ	postoperativ
Belastungs EKG	87	82
verstorben		2
postop. Belastung nicht möglich		3
HK Untersuchungen	87	39
Beschwerden	87	82

Tabelle 1
Anzahl der berücksichtigten Untersuchungsergebnisse

2.1. Belastungs-Elektrokardiogramme vor und nach Bypass-Operation

Die Belastungs-Untersuchungen wurden ausnahmslos an der Kletterstufe nach Kaltenbach und Klepzig (30) durchgeführt. Langwirksame Nitropräparate, Betarezeptorenblocker sowie Kalziumantagonisten waren mindestens 12 Stunden vor der geplanten Untersuchung abgesetzt worden. Beim Auftreten von Angina pectoris konnten kurzwirksame Nitro-Präparate eingenommen werden.

Die Registrierung erfolgte grundsätzlich mit demselben EKG-Gerät, einem 6-Kanal-Schreiber der Firma Schwarzer, Typ Cardioscript C 6800, ohne Verwendung der Filtertaste.

Zur Auswertung wurden die Mittelwerte aus jeweils 5 EKG-Komplexen für R- und QRS-Amplituden, ST-Streckensenkung sowie für die Herzfrequenz berechnet. Teilweise erfolgte zusätzlich eine automatische Auswertung mit einem EKG-Computer der Firma Quinton (Modell 740), der aus 20 Schlägen gemittelte EKG-Komplexe ausdruckt. In Abb.1 ist eine derartige automatische Registrierung wiedergegeben: ST-Streckensenkung, ST-slope und Herzfrequenz werden graphisch in Form von Zacken dargestellt und simultan digital angezeigt.

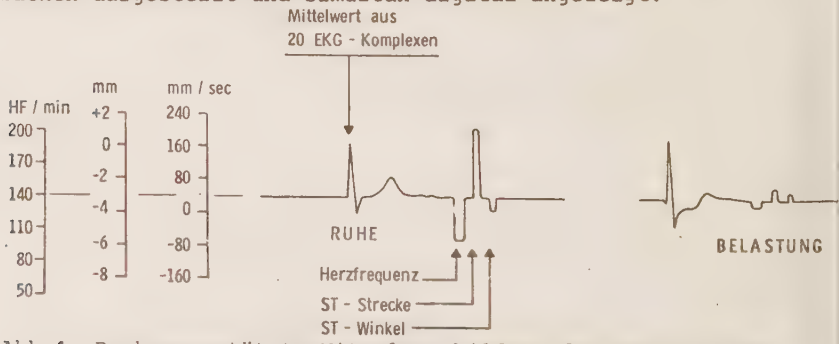


Abb.1: Rechnergestützte Mittelwertbildung der EKG-Kurve mit Ausdruck von Herzfrequenz sowie Ausmaß und Verlauf der ST-Streckensenkung

Die elektrokardiographische Registrierung erfolgte auf herkömmliche Weise mit den nach Rosenkranz (44) modifizierten Extremitätenableitungen I bis III und den Brustwandableitungen V_4 bis V_6. Zur Auswertung wurden jedoch nur die Ergebnisse der Brustwandableitung V_5 berücksichtigt. Dies deshalb, da im klinischen Betrieb nur möglichst einfache Parameter sinnvoll sind. Die Belastungshöhe wurde so gewählt, daß vor dem ischämiebeseitigenden Eingriff pectanginöse Beschwerden und/oder eine ischämische ST-Streckensenkung auftrat.

Die prä- und postoperativen Belastungsuntersuchungen wurden bei demselben Patienten immer unter gleichen Bedingungen vorgenommen. Dazu zählten neben gleicher Belastungsdauer, Stufenhöhe, Metronomfrequenz auch die gleiche Tageszeit sowie derselbe Untersucher. Traten präoperativ Beschwerden oder EKG-Veränderungen auf, die einen vorzeitigen Abbruch der Untersuchung indiziert erscheinen ließen, so wurde die postoperative Untersuchung auch nur bis zum Zeitpunkt der präoperativ aufgetretenen Beschwerden vorgenommen.

Alter, Geschlecht und mittlere Belastungshöhe der untersuchten Patienten sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

	männlich	weiblich
Patienten	78	9
Alter ± Standardabweichung	54,9± 6,5	57,1± 5,6
Leistung ± Standardabweichung	96,7±32,3	70,0±22,6

Tabelle 2: Alter, Geschlecht und mittlere Belastungshöhe der Patienten

Die präoperative Belastungsuntersuchung erfolgte ca. 4 Wochen vor dem geplanten Eingriff.

Bei 82 Patienten wurde ca. 8 bis 10 Wochen nach der Operation die zweite Untersuchung durchgeführt. Zwei Patienten verstar-

ben bis zu diesem Zeitpunkt, bei drei Patienten traten Komplikationen in Form von Myocarditiden (n=2) sowie Lösen der Sternalspangen (n=1) auf, die eine körperliche Belastung in einem angemessenen postoperativen Intervall ausschlossen.

Folgende Parameter der Belastungsuntersuchungen wurden ausgewertet:

a) Die ST-Streckensenkung zur Quantifizierung der Ischämiereaktion. Als pathologische ischämische ST-Streckensenkung wurden mindestens 0,1mV gefordert (29)

b) Die Höhe von R- und QRS-Amplitude.
Als pathologische Reaktion wurde das Gleichbleiben oder Größerwerden der R- bzw. QRS-Amplituden unter Belastung, bezogen auf den entsprechenden Ruhewert, bewertet.

c) Die Herzfrequenz gemittelt aus jeweils 5 Schlägen.

Die Aufzeichnung der genannten Parameter erfolgte im Stehen (S) und Liegen (L) vor Belastung (v.B.), zu jeder vollen Minute der Belastung (B), nach der Belastung (n.B.), im Liegen sowie zu jeder vollen Minute in der Erholungsphase (E). Der Vergleich der prä- und postoperativ gemessenen Werte erfolgte zum Zeitpunkt der maximalen Ischämiereaktion, gemessen an der ST-Streckensenkung. ΔR, ΔQRS und Δ ST sind die Differenzen der R-, QRS- und ST-Werte in der Belastungs- bzw. Erholungsphase zu den entsprechenden Ruhewerten in gleicher Lage.

2.2. Herzkatheteruntersuchung vor und nach Operation

Es war beabsichtigt, einen echten intraindividuellen Vergleich, in dem jeder Patient seine eigene Kontrolle darstellt, anzustellen. Um ein objektives Maß über den Grad der Stenosen am kranken Herzen und nach der Operation am vermeintlich gesunden Herzen zu erhalten, wurden die Ergebnisse der selektiven Koronarographie und Ventrikulographie herangezogen.

Folgende Parameter wurden ausgewertet:

a) Der Grad der Stenosierung.
Als hämodynamisch wirksam wurden gemäß Becker et al. (5) und Martin et al. (39) Stenosen, die das Gefäßlumen um mehr als 50% verengten, angesehen.

b) Die Lokalisation der Stenosierung an den drei Hauptkoronargefäßen RIA (Ramus interventricularis anterior), RC (Ramus circumflexus) und RCA (rechte Koronararterie)

c) Der errechnete Koronarscore (31) unter Berücksichtigung des jeweiligen Versorgungstypes

d) Die Beschreibung der Ventrikelfunktion mittels der Merkmale
- Normokinesie N
- Hypokinesie H
- Akinesie A

e) Die Auswurfrate (EF)
Gemäß der Formel

$$EF = \frac{(EDV-ESV) \cdot 100}{EDV}$$

wurde die EF, eine auf das EDV = 100% bezogene Verhältniszahl, berechnet (21).
Die Enddiastolischen- (EDV) und Endsystolischen Volumina wurden nach der Scheibchenmethode (22) mit einem Siemens Volumaten bestimmt. Die Berechnung beruht auf einer Regel des Mathematikers Simpson, die besagt, daß die Summe der Einzelvolumina eines in Scheibchen von gleicher Größe geteilten unregelmäßigen Körpers das Gesamtvolumen ergibt. Wie an einer vergleichenden Studie (27) gezeigt werden konnte, liefert diese Methode die genauesten Werte.

Bei 39 Patienten konnte der Operationserfolg anhand einer Katheteruntersuchung (Nachangiographie) verifiziert werden.

Neben den in der präoperativen Untersuchung gemessenen Werten, wurde vor allem auf die Funktion der Bypässe sowie eventuell neu aufgetretene Stenosen geachtet.

Es wurden drei Grade der Revaskularisation unterschieden:

- Eine komplette Revaskularisation war gegeben, wenn alle hämodynamisch bedeutsamen Stenosierungen durch Bypässe erfolgreich überbrückt waren.

- Eine teilweise Revaskularisation lag vor, wenn entweder nicht alle angelegten Bypässe funktionstüchtig waren oder von vornherein nur eine unvollständige Revaskularisation möglich war.

- Kein Operationserfolg lag vor, wenn keiner der angelegten Bypässe funktionstüchtig war.

2.3. Subjektive Angaben über Beschwerden vor und nach Operation

Neben der Berücksichtigung der EKG-Parameter wurden auch die am Ende der prä- und postoperativen Belastungsuntersuchungen geschilderten subjektiven Beschwerden ausgewertet.

Den Patienten stand eine 4-stufige Bewertungsskala der aufgetretenen Beschwerden, Angina pectoris, Dyspnoe, Schwindel zur Verfügung.

ø	- keine Beschwerden
+	- leichte Beschwerden
++	- mittelstarke Beschwerden
+++	- starke Beschwerden

Pat. Nr.	Code Nr.	Alter	Bel. Höhe (Watt)	Bel. Dauer (min)	Ge.	präOp Stenosen (%) RIA	RC	RCA	+ Erfolg - kein Erfolg Sten.% postOp RIA	RC	RCA	EF (%) präOp	postOp	Koronarscore präOp	postOp	Ventrikelfunktion präOp	postOp	Max. Bel. präOp HF (min)	ΔST (mV)	ΔR (mV)	ΔQRS (mV)	Max. Bel. postOp HF (min)	ΔST (mV)	ΔR (mV)	ΔQRS (mV)	Beschw. präOp AP	DYSP	Schw.*)	Beschw. postOp AP	DYSP	Schw.*)
1	0018617	55	110	3	m	100	80	100	+	80	+	82,1	82,1	44	16	HW A,H	HW A,H	128	-0,10	-0,5	-0,3	130	-0,04	-0,1	-0,1	++	ø	ø	ø	ø	ø
2	0018567	47	110	5	m	70		100	+		70	84,9	84,9	37	17	N	N	98	-0,09	-0,1	0	130	-0,08	0	+0,1	+	+	ø	ø	ø	ø
3	0018724	61	100	3	m	70	100	50	-	30	60	60,2	60,2	25	21	HW H	N	107	-0,22	-0,6	-0,7	119	-0,04	0	-0,1	++	ø	ø	ø	ø	ø
4	0018685	56	125	4	m	..	100	100		+	+	61,7	61,7	34	8	HW+VW H	HW+VW H	112	-0,46	-1,2	-0,4	114	0	-0,4	-0,2	+	+++	ø	ø	ø	ø
5	0018871	61	100	2	m	80	100	100	-	+	+	52,4	52,4	37	15	HW+VW H, A	HW A	110	-0,38	0	+0,6	145	0	-0,3	-0,5	+++	+	ø	ø	ø	ø
6	0018717	67	75	6	m	100	40	100	+	60	+	82,5	65,0	52	6	N	HW H	98	-0,12	-0,6	-0,4	96	0	+0,1	0	++	+	ø	ø	ø	ø
7	0018860	50	75	3	m	100	90	100	+	+	+	80,6	90,9	60	8	M	N	144	-0,18	+0,1	+0,1	122	-0,02	+0,1	+0,2	++	+	ø	ø	ø	ø
8	0018876	49	125	6	m	70	60	90	+	-	70	49,9	52,7	28	21	HW H	HW A	165	-0,20	-0,3	-0,1	152	-0,10	-0,6	-0,5	+	+++	ø	ø	ø	ø
9	0018868	41	100	3	m		50	80		50	-	49,7	51,2	17	17	N	N	113	+0,01	-0,3	-0,6	168	-0,02	-0,1	+0,1	+	+	ø	ø	++	ø
10	0018897	52	150	4	m	70	70	100	+	-	+	63,8	71,4	40	5	HW H	N	113	-0,20	0	+0,4	116	-0,02	-0,3	-0,2	++	+++	ø	ø	+	ø
11	0018896	50	150	3	m	100		50	+		+	23,8	79,9	27	5	VW+HW A	N	145	-0,20	+1,3	+1,0	135	0	-0,4	-0,4	++	+++	ø	ø	+	ø
12	0018983	66	75	3	m	90	90	100	+	90	+	62,8	75,7	44	21	VW A	VW H	86	-0,12	-0,2	-0,4	104	-0,04	-0,1	0	+++	++	ø	ø	ø	ø
13	0017399	53	40	6	w	80	99	100	+	+	100	69,4	72,3	47	15	VW H	VW H	125	-0,09	+0,3	+0,5	117	-0,04	+0,1	+0,2	+	ø	ø	ø	ø	ø
14	0017239	59	80	6	m	70		50	+		50	87,5	87,5	24	19	N	N	103	-0,10	+0,4	+0,7	117	-0,07	-0,5	-0,3	ø	ø	ø	ø	ø	ø
15	0017461	47	60	4	m	90	30	100	+	+	+	62,7	79,3	44	5	VW H	N	101	-0,27	+0,1	+0,3	113	+0,02	-0,5	0	+++	ø	ø	ø	ø	ø
16	0017599	63	40	3	w	100	100	30	+	-	30	82,7	88,3	40	18	N	N	77	-0,11	+0,2	+0,4	55	-0,05	+0,5	+0,1	++	ø	ø	ø	ø	ø
17	0017653	56	60	4	m	80	100	100	-	+	100	69,6	69,6	50	40	HW A	HW A	105	-0,10	+0,1	+0,2	116	-0,06	-0,5	-0,5	++	ø	ø	+	ø	ø
18	0017750	60	60	6	m	60	95	100	50	+	-	71,4	78,2	32	21	N	N	104	-0,12	-0,1	-0,5	95	-0,07	-0,1	+0,5	ø	ø	ø	ø	ø	ø
19	0017685	65	80	6	m	80	20	70	+	20	+	84,0	71,3	33	4	HW H	HW H	140	-0,11	+0,2	+0,5	158	-0,08	-0,3	-0,3	ø	ø	ø	ø	ø	ø
20	0017693	42	60	6	m	40	100	100	40	+	+	70,9	75,8	39	20	HW+VW H	VW H	128	-0,11	0	+0,1	118	-0,04	-0,1	0	+	+	ø	ø	ø	ø
21	0017637	69	40	3	m	80	100	100	+	-	+	63,0	63,0	50	20	VW+HW H	VW+HW H	80	-0,08	+0,2	+0,5	99	-0,05	-0,1	0	++	ø	ø	ø	ø	ø
22	0017996	59	40	3	m	90		50	+		+	71,2	88,0	20	2	HW H	N	131	-0,20	+0,5	+0,3	119	-0,06	-0,4	-0,5	++	ø	ø	ø	ø	ø

*) Schwindel

Pat. Nr.	Code Nr.	Alter	Bel. Höhe (Watt)	Bel. Dauer (min)	Ge.	präOp Stenosen (%) RIA	RC	RCA	Bypässe + Erfolg, - kein Erfolg, Sten (%) postOp RIA	RC	RCA	EF (%) präOp	postOp	Koronarscore präOp	postOp	Ventrikelfunktion präOp	postOp	Max.Bel.präOp HF (min⁻¹)	ΔST (mV)	ΔR (mV)	ΔQRS (mV)	Max.Bel.postOp HF (min⁻¹)	ΔST (mV)	ΔR (mV)	ΔQRS (mV)	Beschw.präOp AP	DYSP	Schw.	Beschw.postOp AP	DYSP	Schw.
23	0017717	64	40	6	m	100	99	30	+	+	30	10,6	62,6	38	3	HW+VW A, H	VW A	110	-0,11	-0,1	-0,3	106	-0,06	-0,3	-0,4	+	ø	ø	ø	ø	ø
24	0017704	57	60	4	m	100	100	60	-	-	-	66,2	71,4	38	38	VW H	VW H	128	-0,21	-0,3	-0,2	127	-0,21	-0,1	-0,2	++	ø	ø	ø	ø	ø
25	0017858	60	60	3	m	80	60	100	+	+	-	87,5	87,5	38	17	VW H	N	104	-0,12	+0,5	+0,6	104	-0,10	+0,1	+0,2	++	ø	ø	+	ø	ø
26	0017546	56	100	6	m	90	100	50	+	+	+	58,7	69,7	28	2	N	N	127	-0,17	0	+0,2	122	-0,12	+0,1	+0,5	ø	ø	ø	+	+	ø
27	0017419	54	60	3	m	100	70	100	+	+	+	54,0	71,0	52	3	HW H	HW H	118	-0,20	-0,2	-0,1	112	-0,05	+0,4	+0,4	++	+	ø	ø	ø	ø
28	0019127	48	150	6	m	70	90	80	+	-	-	57,3	44,3	35	29	N	VW+HW H	138	-0,26	-0,4	+0,2	145	-0,03	-0,1	-0,1	+	+	ø	ø	+	ø
29	0018978	53	75	6	m	100	80	50	+	+	50	68,5	84,2	31	11	HW H	N	88	-0,26	0	+0,2	110	+0,02	-0,2	-0,2	+	ø	ø	ø	ø	ø
30	0018976	49	125	2	m	70		100	+		-	76,1	78,0	24	18	N	N	135	-0,40	+1,0	+1,6	125	0	+0,2	+0,5	+++	++	ø	ø	ø	ø
31	0019072	57	75	6	m	100	100	100	+	+	+	54,5	69,2	59	0	VW H	VW A	123	-0,07	+0,3	+0,3	97	0	0	0	++	++	ø	ø	ø	ø
32	0019219	54	50	6	m	50	100	100	50	+	-	71,4	49,0	29	14	HW H	N	56	-0,05	0	+0,1	110	0	0	+0,2	+	+	ø	ø	ø	ø
33	0019142	48	150	6	m	80	90	60	+	+	+	84,6	84,6	40	18	N	N	105	-0,34	-0,2	0	94	-0,10	-0,2	-0,4	++	+++	ø	ø	ø	ø
34	0018844	49	50	6	m	70	30	99		+	-	66,8	66,8	29	23	HW H	N	108	-0,19	+0,4	+0,6	95	0	-0,1	-0,1	+	ø	ø	ø	ø	ø
35	0019313	53	125	3	m	90	100	100	+	+	+	83,2	85,0	46	0	N	N	150	-0,45	-0,9	-0,9	126	0	-0,2	-0,2	++	++	ø	ø	ø	ø
36	0018951	57	50	1	m	90	90	99	+	+	+	39,6	66,5	53	0	VW+HW H, A	VW+HW H, A	98	+0,01	-0,2	0	100	0	+0,1	-0,2	+++	++	++	ø	ø	ø
37	0019455	52	75	6	m	80	20	100	+	+	-	48,3	48,3	44	31	VW+HW H, A	VW+HW H, A	133	+0,09	-0,1	-0,1	125	+0,2	-0,1	0	ø	ø	ø	ø	ø	ø
38	0019/57	60	75	6	m	70	50	70	-		-	62,0	62,0	26	26	HW H	HW A	108	-0,20	0	+0,2	98	0	-0,2	0	+	+	ø	ø	ø	ø
39	0019125	59	100	2	m	80		100	+		100	51,5	51,5	17	5	VW H	VW H	120	-0,04	+0,1	0	120	0	-0,1	-0,2	++	ø	++	+	ø	+

Tabelle 3a: Untersuchungsergebnisse der Patienten, bei denen postoperativ eine EKG- und eine Herzkatheteruntersuchung durchgeführt wurde

Pat. Nr.	Code Nr.	Alter	Bel. Höhe (Watt)	Bel. Dauer (Min⁻)	Geschl.	prä Op Stenosen(%) RIA	RC	RCA	prä Op EF(%)	Score	Max. Bel. prä Op HF (min⁻¹)	ΔST (mV)	ΔR (mV)	ΔQRS (mV)	Max. Bel. post Op HF (min⁻¹)	ΔST (mV)	ΔR (mV)	ΔQRS (mV)	Beschw. prä Op AP	DYSP	Schwindel	Beschw. post Op AP	DYSP	Schwindel
40	0018894	67	75	3	m	80	100	100	63,4	55	95	-0,33	-0,8	-0,3	111	-0,25	-0,8	-0,4	+	+	ø	+	ø	ø
41	0018996	42	125	5	m	80	50	100	71,2	43	110	-0,24	0	+0,3	127	-0,05	-0,4	-0,3	++	ø	ø	ø	ø	ø
42	0019123	59	100	4	m	70	70	90	60,7	36	120	-0,15	0	+0,4	110	-0,05	-0,2	0	+	+	ø	ø	ø	ø
43	0018447	53	75	2	w	80	-	40	68,3	29	118	-0,10	+0,1	+0,2	125	-0,01	-0,2	-0,2	+	ø	ø	ø	ø	ø
44	0019208	46	100	2	m	99	80	90	82,1	45	97	-0,17	0	+0,2	102	0	-0,3	-0,4	++	+	ø	+	ø	ø
45	0019066	53	100	3	m	100	40	100	66,5	36	158	-0,32	0	-0,2	117	0	-0,4	-0,2	+	++	ø	ø	ø	ø
46	0018909	55	100	3	m	90	90	100	56,7	51	76	-0,20	0	-0,1	79	0	0	0	+++	++	ø	ø	ø	ø
47	0019329	58	50	3	m	70	95	-	74,0	33	112	-0,20	-0,2	+0,1	114	-0,10	-0,3	-0,3	++	++	ø	+	+	ø
48	0019427	52	75	6	m	100	80	100	51,7	49	132	-0,14	+0,1	0	105	0	-0,1	0	++	+	+	ø	+	ø
49	1141081	61	75	6	m	-	100	70	83,7	19	107	-0,20	-0,1	0	100	0	-0,2	-0,2	+	++	ø	ø	ø	ø
50	0019383	58	75	3	w	100	100	30	58,6	36	155	-0,37	-0,1	-0,3	143	-0,10	0	-0,1	++	+++	+	+	+	ø
51	0019465	60	150	5	m	90	100	30	75,0	32	105	-0,11	+0,2	+0,2	112	-0,08	-0,2	0	++	+	ø	ø	ø	ø
52	0019359	60	125	3	m	100	80	40	72,5	34	125	-0,34	-0,3	-0,1	135	-0,13	-0,3	0	++	+++	ø	ø	ø	ø
53	0019358	44	100	3	m	100	50	100	74,5	56	154	-0,28	-0,3	-0,1	156	-0,10	-0,4	-0,2	+	++	ø	ø	+	ø
54	0018900	56	100	4	m	60	100	100	51,7	40	103	-0,30	-0,1	0	127	0	+0,3	+0,5	++	++	ø	ø	ø	ø
55	0019419	55	125	3	m	70	90	60	75,0	39	91	-0,18	+0,3	+0,8	106	0	-0,1	-0,1	++	+	ø	ø	+	ø
56	0019498	53	150	2	m	70	60	40	88,5	39	130	-0,40	0	+0,1	130	0	0	+0,1	++	+	ø	ø	ø	ø
57	1151280	49	125	6	m	-	100	99	66,8	22	98	-0,22	-0,4	-0,1	89	-0,08	-0,4	-0,2	ø	ø	ø	ø	ø	ø
58	1070181	61	75	6	m	30	100	100	74,2	28	108	-0,13	-0,3	-0,1	65	-0,01	+0,1	+0,1	++	+	ø	ø	ø	ø
59	1070181	54	150	6	m	60	50	100	51,7	36	142	-0,25	+0,3	+0,7	140	-0,05	+0,1	0	+	++	ø	++	++	ø
60	1130281	47	75	3	w	99	99	99	90,7	39	157	-0,17	0	+0,5	90	+0,02	-0,4	-0,6	++	++	ø	ø	ø	ø
61	1130381	52	100	4	m	99	50	100	57,0	34	133	-0,35	-0,3	-0,4	145	-0,08	0	-0,3	++	++	ø	ø	ø	ø

Pat. Nr.	Code Nr.	Alter	Bel. Höhe (watt)	Bel. Dauer (min⁻¹)	Geschl.	prä Op Stenosen(%) RIA	RC	RCA	prä Op EF(%)	Score	Max. Bel. prä Op HF (min⁻¹)	ΔST (mV)	ΔR (mV)	ΔQRS (mV)	Max. Bel. post Op HF (min⁻¹)	ΔST (mV)	ΔR (mV)	ΔQRS (mV)	Beschw. prä Op AP	DYSP	Schwindel	Beschw. post Op AP	DYSP	Schwindel
62	1230481	46	125	6	m	-	80	98	69,1	20	113	-0,06	-1,2	-1,6	76	-0,01	-0,6	-0,4	+	ø	ø	++	+	ø
63	1280781	65	50	3	w	100	80	98	64,1	48	115	-0,10	-0,4	-0,6	104	0	+0,4	+0,2	+++	+	ø	ø	ø	ø
64	1070381	58	100	3	m	80	80	100	84,4	35	112	-0,25	-0,2	+0,3	155	-0,15	+0,2	+0,3	+	++	ø	+	ø	ø
65	1281180	60	150	4	m	100	100	99		42	132	-0,20	-0,3	-0,1	112	-0,01	+0,2	+0,1	+	+	ø	ø	ø	ø
66	1170381	60	75	3	w	40	98	100		32	120	-0,20	0	+0,2	105	-0,03	-0,2	-0,4	++	+	ø	ø	ø	ø
67	1190680	57	150	2	m	30	80	60		32	93	+0,01	-0,1	-0,2	88	-0,01	-0,1	-0,2	++	++	ø	+	+	ø
68	1180581	58	50	3	m	100	90	100		46	90	-0,05	-0,6	-0,5	91	-0,12	-0,6	-0,5	++	++	ø	ø	ø	ø
69	1260581	56	125	3	m	40	98	99		30	117	-0,13	-0,1	0	107	+0,10	-0,2	0	++	++	ø	ø	ø	ø
70	1201081	49	125	3	m	80	50	100		37	110	-0,40	-1,0	-0,6	88	-0,02	-0,3	-0,1	++	ø	ø	ø	ø	ø
71	1300681	53	150	4	m	75	30	80		31	145	-0,30	+0,3	+0,3	137	-0,06	-0,2	-0,1	++	++	ø	ø	ø	ø
72	1250681	54	150	4	m	80	-	60		41	117	-0,18	+0,1	+0,2	133	-0,03	+0,1	+0,2	++	+++	ø	+	++	ø
73	1300681	65	75	6	m	60	100	100		36	74	-0,01	+1,3	+1,0	72	-0,02	+2,0	+1,7	++	++	ø	+	ø	ø
74	1211081	47	75	5	m	98	100	80		36	145	0	+0,1	+0,2	143	0	-0,3	-0,3	++	++	ø	ø	ø	ø
75	1300781	68	100	6	m	95	50	-		25	97	-0,10	+0,1	0	88	0	-0,2	-0,1	+	++	ø	ø	ø	ø
76	1120881	55	75	4	m	100	40	50		38	105	-0,18	+0,3	0	114	0	-0,2	-0,1	++	++	+++	ø	ø	ø
77	1180981	61	100	3	m	100	60	99		36	107	-0,25	-0,4	-0,5	88	0	-0,2	+0,1	++	ø	ø	ø	ø	ø
78	1280881	54	75	3	m	-	95	30		18	114	-0,18	+0,1	+0,2	97	0	0	0	++	+	ø	ø	ø	ø
79	1021281	40	100	6	m	98	-	-		12	108	0	-0,1	+0,1	104	0	0	+0,1	ø	ø	ø	ø	ø	ø
80	1061081	53	125	3	m	50	90	20		23	110	-0,10	+0,1	+0,3	98	0	0	0	++	+	+	+	+	++
81	1211081	64	100	2	m	95	-	80		28	103	-0,08	+0,1	0	97	-0,02	-0,2	-0,3	++	ø	ø	ø	ø	ø
82	1141081	47	125	4	m	100	100	30		39	143	-0,45	+0,3	+0,6	85	-0,01	+0,1	+0,2	++	++	ø	ø	ø	ø

Pat. Nr.	Code Nr.	Alter	Bel. Höhe (Watt)	Bel. Dauer (min)	Geschl.	prä Op Stenosen (%) RIA	RC	RCA	prä Op EF (%)	Score	Max. Bel. prä Op HF (min^{-1})	ΔST (mV)	ΔR (mV)	ΔQRS (mV)	Max. Bel. post Op HF (min^{-1})	ΔST (mV)	ΔR (mV)	ΔQRS (mV)	Beschw. prä Op AP	DYSP	Schwindel	Beschw. post Op AP	DYSP	Schwindel
83	1011281	56	100	3	w	98	70	-		18	155	-0,18	-0,3	-0,3										
84	1011281	59	100	2	w	70	100	95		42	125	-0,30	+0,7	+0,7	Myocarditis				+++	+	ø			
																			++	++	ø			
85	0019380	56	100	3	m	50	80	90	61,6	40	125	-0,16	-0,2	-0,2	Lockere Sternalspangen				++	++	ø			
86	1020981	55	100	2	m	100	70	95		36	93	-0,16	+0,2	+0,2					++	+	ø			
87	0118681	58	75	6	m	99	-	99		29	115	-0,08	+0,3	+0,2	verstorben				+	+	ø			

Tabelle 4a: Untersuchungsergebnisse der Patienten, bei denen postoperativ eine EKG-Untersuchung durchgeführt wurde

Pat. Nr.	präoperativ Ruhewerte ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	Max. Ischämiereaktion ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	postoperativ Ruhewerte ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	Max Ischämiereaktion ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)
1	-0,01	2,8	3,3	-0,11	2,3	3,0	-0,04	2,7	2,7	0	2,2	2,8
2	+0,03	1,0	1,6	-0,06	0,9	1,6	-0,02	1,0	1,6	-0,10	1,0	1,7
3	-0,06	2,6	2,8	-0,28	2,0	2,1	-0,04	2,0	2,3	-0,08	2,0	2,2
4	-0,32	3,6	4,3	-0,78	2,4	3,9	0	3,4	4,0	0	3,0	3,8
5	-0,18	1,2	2,2	-0,56	1,4	3,0	-0,10	1,6	2,8	0,10	1,3	2,3
6	-0,06	2,4	3,6	-0,18	1,8	3,2	0	1,9	2,8	0	2,0	2,9
7	-0,04	0,9	1,6	-0,22	1,0	1,7	-0,05	1,0	1,5	-0,07	1,1	1,7
8	-0,02	1,9	2,1	-0,22	1,6	2,0	0	2,2	2,4	-0,10	1,6	1,9
9	+0,05	0,4	2,2	+0,06	0,1	1,6	-0,03	3,0	4,9	-0,05	2,9	5,0
10	-0,06	1,2	2,1	-0,25	1,2	2,6	0	1,5	2,4	-0,02	1,2	2,2
11	-0,10	2,6	3,0	-0,30	4,9	5,2	-0,01	1,4	2,0	-0,01	0,9	1,6
12	-0,06	1,8	3,4	-0,34	2,4	3,2	-0,10	1,3	1,8	0,14	1,2	1,8
13	-0,01	1,0	1,8	-0,10	1,3	2,3	-0,01	0,7	1,2	-0,05	0,8	1,4
14	-0,02	1,3	1,4	-0,12	1,7	2,1	0	2,3	2,7	-0,07	1,8	2,4
15	+0,22	0,8	1,2	-0,05	1,8	1,5	+0,04	1,5	2,2	+0,06	1,6	2,2
16	-0,05	1,0	1,2	-0,16	1,2	1,6	-0,02	1,6	1,8	-0,07	1,6	1,9
17	+0,01	2,1	2,2	0	2,2	2,4	+0,04	1,6	1,8	-0,02	1,6	1,7
18	-0,02	1,3	2,4	-0,13	1,2	2,4	-0,05	1,7	2,8	-0,12	1,6	2,8
19	+0,01	1,2	2,0	-0,10	1,5	2,5	0	1,3	2,4	-0,08	1,0	2,1
20	0	0,9	1,3	-0,11	0,8	1,5	-0,03	1,7	1,3	-0,07	0,5	1,3
21	-0,02	2,8	3,7	-0,14	3,0	4,2	-0,03	2,3	3,6	-0,08	2,2	3,7
22	0	2,2	3,4	-0,20	2,7	3,7	0	1,3	2,5	-0,06	0,9	2,0
23	+0,01	2,0	2,7	-0,10	1,7	2,1	+0,01	1,7	2,2	-0,05	1,6	1,9
24	0	1,7	2,0	-0,21	1,4	1,8	0	2,9	3,4	-0,21	2,2	3,2
25	-0,01	0,9	1,1	-0,13	1,4	1,7	0	0,9	1,1	-0,10	1,0	1,3

Pat. Nr.	präoperativ						postoperativ					
	Ruhewerte			Max. Ischämiereaktion			Ruhewerte			Max. Ischämiereaktion		
	ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)
26	0	1,5	2,0	-0,17	1,5	2,2	+0,02	0,5	1,1	-0,10	0,7	1,7
27	-0,17	2,8	3,5	-0,37	2,6	3,4	0	1,3	1,8	-0,05	1,8	2,3
28	-0,04	2,6	2,7	-0,30	2,2	2,9	0	0,8	1,0	-0,03	0,7	0,9
29	+0,02	1,2	2,6	-0,24	1,2	2,8	-0,02	1,7	2,8	0	1,5	2,6
30	0	1,0	2,4	-0,40	2,0	4,0	0	1,6	2,6	0	1,8	3,1
31	+0,02	1,0	1,2	-0,05	1,3	1,5	0	1,0	1,1	0	1,0	1,1
32	-0,03	0,8	0,9	-0,08	0,8	0,9	0	1,6	1,6	-0,10	1,6	1,8
33	+0,02	1,8	2,6	-0,32	1,6	2,6	0	1,8	2,6	0	1,6	2,2
34	-0,02	1,9	2,9	-0,21	2,3	3,5	0	2,1	2,9	0	2,0	2,8
35	0	2,0	2,8	-0,45	1,1	1,9	0	1,7	2,2	0	1,5	2,0
36	+0,05	0,5	0,6	+0,06	0,3	0,6	0	0,9	1,1	0	1,0	1,3
37	+0,06	0,3	0,8	+0,15	0,2	0,7	+0,10	0,2	0,6	+0,30	0,1	0,6
38	-0,05	1,6	2,0	-0,25	1,6	2,2	0	1,8	2,4	0	1,6	2,4
39	+0,01	0,7	1,7	-0,05	0,8	1,7	0	1,0	1,7	0	0,9	1,5

Tabelle 3b: EKG-Meßwerte in Ruhe und zum Zeitpunkt maximaler Ischämiereaktion

Pat. Nr.	präoperativ						postoperativ					
	Ruhewerte			Max. Ischämiereaktion			Ruhewerte			Max. Ischämiereaktion		
	ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)
40	-0,10	3,0	3,2	-0,43	2,2	2,9	0	2,8	3,2	0,25	2,0	2,8
41	+0,06	0,7	1,4	-0,18	0,7	1,7	+0,02	1,0	1,5	-0,05	0,6	1,2
42	-0,05	0,8	1,2	-0,20	0,8	1,6	-0,10	1,2	1,4	-0,10	1,0	1,4
43	-0,08	0,5	1,3	-0,18	0,6	1,5	-0,02	0,5	1,1	-0,05	0,2	0,9
44	-0,03	2,8	3,1	-0,20	2,8	3,3	0	2,5	2,8	0	2,2	2,4
45	-0,08	2,4	3,2	-0,40	2,4	3,0	0	1,8	2,6	0	1,4	2,4
46	0	2,5	2,6	-0,20	2,4	2,5	0	2,0	2,0	0	2,0	2,0
47	-0,10	3,5	3,6	-0,30	3,3	3,7	0	2,1	3,1	-0,10	1,8	2,8
48	0	1,3	3,0	-0,14	1,4	3,0	0	0,5	1,7	0	0,4	1,7
49	0	1,9	2,1	-0,20	1,8	2,1	0	1,0	1,4	0	0,8	1,2
50	-0,08	2,2	3,4	-0,45	2,1	3,1	0	1,0	1,5	-0,10	1,0	1,4
51	-0,04	1,5	1,8	-0,15	1,7	2,0	-0,02	1,9	2,1	-0,10	1,7	2,1
52	-0,06	2,5	3,0	-0,40	2,1	2,9	-0,02	1,0	1,6	-0,15	0,7	1,6
53	-0,02	2,1	2,8	-0,30	1,8	2,7	0	1,2	2,0	-0,10	0,8	1,8
54	0	1,9	2,8	-0,30	1,8	2,8	0	1,2	1,8	0	1,5	2,3
55	-0,02	1,7	2,2	-0,20	2,0	3,0	0	1,0	1,5	0	0,9	1,4
56	0	1,8	2,4	-0,40	1,8	2,5	0	1,5	2,3	0	1,5	2,4
57	0	1,6	2,1	-0,22	1,1	2,0	0	1,9	2,4	-0,08	1,5	2,2
58	0	2,1	2,8	-0,13	1,8	2,7	-0,03	1,2	2,0	-0,04	1,8	2,7
59	0	1,2	1,5	-0,25	1,5	2,2	-0,01	1,4	1,6	-0,06	1,4	1,5
60	-0,05	0,7	1,4	-0,25	0,7	1,9	-0,04	0,7	1,5	-0,02	0,3	0,9
61	0	1,5	2,5	-0,32	0,9	2,0	+0,04	1,0	2,6	-0,04	0,7	2,1
62	-0,08	3,0	4,6	-0,14	1,8	3,0	-0,04	1,9	2,6	-0,02	1,3	2,2
63	-0,10	2,4	2,9	-0,20	2,0	2,3	0	0,8	1,3	0	1,2	1,5
64	0	2,1	2,6	-0,25	2,0	2,9	0	0,7	1,0	-0,15	0,9	1,3
65	-0,03	1,7	2,2	-0,23	1,4	2,1	-0,04	0,8	1,3	-0,05	1,0	1,4

präoperativ

Pat. Nr.	Ruhewerte ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	Max. Ischämiereaktion ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	postoperativ Ruhewerte ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)	Max. Ischämiereaktion ST (mV)	R (mV)	QRS (mV)
66	-0,04	0,6	1,0	-0,20	0,4	1,1	-0,03	0,8	1,1	+0,02	0,8	1,1
67	-0,03	1,7	2,8	-0,02	1,6	2,6	-0,03	1,4	2,6	-0,04	1,3	2,4
68	0	3,0	3,3	-0,05	2,4	2,8	0	2,4	2,9	0	1,8	2,4
69	-0,05	1,8	2,2	-0,18	1,7	2,2	-0,10	2,0	2,3	-0,12	1,8	2,3
70	0	2,0	2,2	-0,40	1,0	1,6	-0,02	2,4	2,5	-0,04	2,1	2,4
71	-0,02	1,5	2,1	-0,32	1,8	2,4	0	1,2	1,5	-0,06	1,0	1,4
72	0	1,7	2,9	-0,18	1,8	3,1	-0,02	1,4	2,4	-0,05	1,5	2,6
73	-0,02	1,0	2,0	-0,03	2,3	3,0	-0,10	0,5	1,1	-0,12	2,5	2,8
74	0	1,3	2,0	0	1,4	2,2	0	1,1	2,7	0	0,8	2,4
75	0	0,8	1,0	-0,10	0,9	1,0	0	0,6	1,0	0	0,4	0,9
76	-0,02	2,4	2,8	-0,20	2,7	2,8	0	2,0	2,5	0	1,8	2,4
77	0	2,0	3,4	-0,25	1,6	2,9	0	1,0	1,7	0	0,8	1,8
78	-0,02	2,1	2,6	-0,20	2,2	2,8	0	1,2	1,6	0	1,2	1,6
79	0	1,6	2,5	0	1,5	2,6	0	1,0	2,4	0	0,8	1,1
80	0	1,0	1,3	-0,10	1,1	1,6	0	0,8	1,1	0	0,8	1,1
81	+0,02	2,6	3,3	-0,08	2,7	3,3	0	1,6	2,0	-0,02	1,4	1,7
82	-0,05	4,2	4,4	-0,50	4,5	5,0	+0,11	2,3	2,5	+0,01	2,4	2,7
83	-0,02	1,2	1,5	-0,20	0,9	1,2						
84	0	1,3	2,7	-0,30	2,0	3,4						
85	-0,04	2,6	2,8	-0,20	2,4	2,6						
86	-0,14	0,5	1,5	-0,30	0,6	1,5						
87	-0,04	2,0	2,4	-0,12	2,3	2,6						

Tabelle 4b: EKG-Meßwerte in Ruhe und zum Zeitpunkt maximaler Ischämiereaktion

III. Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse sind in den Tabellen 3a sowie 4a zusammengestellt. In den Tabellen 3a sind nur die Patienten enthalten, bei denen auch postoperativ eine Herzkatheteruntersuchung durchgeführt werden konnte (Pat. 1-39).

Bei den in Tabelle 4a dargestellten Patienten (Pat. 40-87), erfolgte die Auswertung an Hand der EKG Parameter sowie der subjektiven Beschwerden.
Die dargestellten Delta-Werte sind Differenzwerte. Sie geben die Veränderungen der Parameter ST, R und QRS zwischen dem Zeitpunkt maximaler Ischämiereaktion und dem Ruhewert wieder. Trat z.B. die maximale ST-Streckensenkung am Ende der Belastung auf, so wurde die Differenz zum Zeitpunkt "Stehen vor Belastung (S.v.B.)" gebildet. Stellte sich dagegen die maximale Ischämiereaktion erst während der Erholungsphase (Liegen) ein, so war der Bezugswert "Liegen vor Belastung (L.v.B.)". Die den Delta-Werten zugrundeliegenden Meßwerte sind in den Tabellen 3b und 4b niedergelegt.

3.1. Qualitative Auswertung

Die Kriterien, an Hand derer der Operationserfolg bemessen wurde, sind nochmals zahlenmäßig in Tabelle 5 dargelegt.

Von den 39 Patienten, bei denen postoperativ eine Katheteruntersuchung durchgeführt wurde, war bei nur 3 Patienten (8%) kein Operationserfolg festzustellen, bei 20 Patienten (51%) waren zwar nicht alle, aber mindestens einer der angelegten Bypässe offen und bei 16 Patienten (41%) waren alle angelegten Bypässe voll funktionsfähig (Tabelle 5/I).

Von 82 Patienten, bei denen prä- und postoperativ eine Belastungsuntersuchung durchgeführt wurde, hatten 66 (80%) präoperativ eine pathologische ST-Streckensenkung; bei 55 Patienten dieser Gruppe (83%) verschwand diese nach der Operation (Tabelle 5/II).

Der Operationserfolg, der an Hand subjektiver Beschwerden bei 82 Patienten bemessen wurde, läßt sich wie folgt unterteilen (Tabelle 5/III):

- 75 (91%) der 82 Patienten hatten präoperativ pectanginöse Beschwerden, die bei 61 Patienten dieses Kollektivs (81%) nach der Operation verschwanden.
- 55 (67%) der 82 Patienten klagten präoperativ über Dyspnoe - nach der Operation war dieses Symptom bei 42 Patienten dieser Gruppe (76%) verschwunden.
- 6 (7%) der 82 Patienten gaben präoperativ Schwindelzustände an; postoperativ war dieses Symptom bei 4 Patienten dieses Kollektivs (76%) verschwunden.

Angaben von Schwindel stellten einen inkonstanten und wenig aussagekräftigen Parameter zur Erkennung von ischämischen Zuständen dar.

I. Angiographische Befunde postoperativ (n=39)

N	komplette Revaskularisation	teilweise Revaskularisation	keine Revaskularisation
39	16 (41%)	20 (51%)	3 (8%)

II. Belastungs EKG (n=82)

prä Op ST-Senkung vorhanden	post Op ST-Senkung verschwunden
66	55 (83%)

III. Subjektive Beschwerden (n=82)

prä Op AP vorhanden	post Op AP verschwund.	prä Op Dysp. vorhanden	post Op Dysp. verschwund.	prä Op Schwindel vorhanden	post Op Schwindel verschwund.
75	61 (81%)	55	42 (76%)	6	4 (67%)

Tabelle 5: Kriterien zur Beurteilung des Operationserfolges

Das Verhalten der R- und QRS-Amplituden wurde in Tabelle 6 den Kriterien gegenübergestellt, an Hand derer üblicherweise der Operationserfolg beurteilt wird.

- Eine sog. pathologische R- (QRS-) Amplitudenreaktion zeigte sich präoperativ bei 50% (65%) der Untersuchten - Unabhängig vom Operationserfolg, postoperativ nur noch bei 35% (49%) der Patienten.
- Bei den 55 Patienten, bei denen eine präoperativ vorhandene ST-Streckensenkung nach der Operation nicht mehr nachzuweisen war, zeigte sich vor dem operativen Eingriff bei 35 Patienten (64%) ein Größerwerden der R-, bzw. bei 37 (67%) ein Größerwerden der QRS-Amplituden. Nach der Operation war ein Anwachsen der R-Amplitude nur noch bei 17 Patienten (30%) dieses Kollektivs nachzuweisen - bei der QRS-Amplitude bei 26 Patienten, entsprechend 47%.
- Im Falle des Verschwindens von Angina pectoris als subjektivem Zeichen des Operationserfolges, ging der Prozentsatz einer sogenannten pathologischen R-Amplitudenreaktion von 56% (34 Patienten) präoperativ auf 33% (20 Patienten) postoperativ bzw. für den Parameter QRS Amplitude von 64% (39 Patienten) auf 49% (30 Patienten) zurück.
- Auch im Falle der Patienten mit angiographisch objektiviertem Erfolg ist präoperativ vermehrt ein Größerwerden von R- und QRS-Amplituden festzustellen.

  Von 16 Patienten mit kompletter Revaskularisation wurden bei 10 Patienten (62%) die R-Amplituden, bei 12 Patienten (75%) die QRS-Amplituden größer; postoperativ bei 12 Patienten (75%) die R-Amplituden und bei 7 Patienten (44%) die QRS-Amplituden.

  In der Gruppe der Patienten mit teilweiser Revaskularisation (n=20) waren präoperativ 11 Patienten (55%) mit sog. pathologischer R- und 13 Patienten (65%) mit sog. pathologischer QRS-Amplitudenreaktion feststellbar.

  Der Prozentsatz ging postoperativ auch hier auf 40% für die R-Amplitude (8 Patienten) bzw. 55% für die QRS-Amplitude (11 Patienten) zurück.

· Bei 3 Patienten, bei denen keiner der angelegten Bypässe funktionstüchtig war, zeigte präoperativ einer, postoperativ keiner, eine sog. pathologische R-Amplitudenreaktion. Die QRS-Amplituden wurden präoperativ nicht, postoperativ bei 2 Patienten größer.

Im Falle der Beurteilung eines guten Operationserfolges an Hand der üblichen Parameter wie Verschwinden der ST-Streckensenkung, Verschwinden von Angina pectoris sowie angiographisch dokumentierter Revaskularisation gemessen, geben die Änderungen der R- und QRS-Amplituden einen solchen Operationserfolg nicht in gleichem Maße wieder (Tabelle 6).

	n	sog. path. R-Ampl.-reaktion (bei max. Ischämie) n Patienten		sog. path. QRS-Ampl.-reaktion (bei max. Ischämie) n Patienten	
		prä Op	post Op	prä Op	post Op
alle Patienten	82	45 (55%)	29 (35%)	53 (65%)	40 (49%)
ST Senkung verschwunden	55	35 (64%)	17 (30%)	37 (67%)	26 (47%)
AP verschwunden	61	34 (56%)	20 (33%)	39 (64%)	30 (49%)
komplette Revaskularis.	16	10 (62%)	5 (31%)	12 (75%)	7 (44%)
teilweise Revaskularis.	20	11 (55%)	8 (40%)	13 (65%)	11 (55%)
keine Revaskularis.	3	1 (33%)	0 (0%)	1 (33%)	2 (67%)

Tabelle 6: Veränderungen der R- und QRS-Amplituden im Gesamtkollektiv sowie bei gebessertem Krankheitsbild, dies gemessen an EKG-, angiographischen sowie subjektiven Parametern.

Tabelle 6a beschreibt die Veränderungen der herkömmlichen Parameter ST-Streckensenkung und Angina pectoris bei den Patienten, bei denen das Operationsergebnis mittels postoperativer Herzkatheteruntersuchung überprüft wurde.

Es zeigt sich, daß bei Patienten mit kompletter Revaskularisation die klassischen Parameter in über 75% der Fälle durch die Operation negativ wurden. Bei einer teilweisen Revaskularisation verschwanden ST-Streckensenkung und Angina pectoris postoperativ bei immerhin 60% bzw. 75% der Patienten. Bei nur drei Patienten wurde keinerlei Revaskularisation erzielt. Dennoch verschwand das subjektive Ischämiezeichen, Angina pectoris, in allen Fällen,während der EKG-Parameter, ST-Streckensenkung, nur bei einem Patienten nicht mehr nachweisbar war. Gerade in der letzten Untergruppe engt die geringe Patientenzahl den Aussagewert erheblich ein.

	n	ST-Streckensenkung verschwunden	AP verschwunden
komplette Revaskularisation	16	12 (75%)	13 (81%)
teilweise Revaskularisation	20	12 (60%)	15 (75%)
keine Revaskularisation	3	1 (33%)	3 (100%)

Tabelle 6a: Veränderungen der herkömmlichen Parameter (ST-Streckensenkung, Angina pectoris) bei angiographisch objektiviertem Operationsergebnis.

3.1.1. Verhalten der R- und QRS-Amplituden unter Belastung in Abhängigkeit von den jeweils revaskularisierten Gefäßen

Das besondere Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, festzustellen, ob R- oder QRS-Amplitudenänderungen u.U. eine regionale Ischämie anzeigen können. Es wurde deshalb der angiographisch ermittelte Koronarbefall in den Befall der drei koronaren Hauptäste aufgeteilt. Das Verhalten der R- und QRS-Amplituden bezogen auf präoperativ vorhandene Stenosen in den koronaren Hauptästen ist in Tabelle 7 wiedergegeben, ferner das jeweilige Verhalten der ST-Strecke und aufgetretene pectanginöse Beschwerden.

- Präoperativ wurde bei 7 angelegten RIA-Einzelbypässen in 6 Fällen die R-Amplitude und sogar in allen 7 Fällen die QRS-Amplitude größer. Postoperativ zeigte sich nur noch bei einem Patienten eine sogenannte pathologische R- und QRS-Amplitudenreaktion.
- Prä- wie auch postoperativ waren bei beiden angelegten RC-Einzelbypässen R- und QRS-Amplituden angewachsen.
- Bei dem einzigen Patienten, bei dem ausschließlich ein RCA-Bypass angelegt wurde, war lediglich postoperativ die QRS-Amplitude größer geworden.
  Die geringe Anzahl angelegter Einzelbypässe läßt jedoch keine allgemein verbindlichen Angaben zu.
- Auch bei Auswertung der angelegten Bypasskombinationen - RIA + RC, RIA + RCA, RC + RCA und RIA + RC + RCA - läßt sich keine verwertbare Angabe über eine mögliche Beziehung zwischen regionalem Gefäßbefall und R- bzw. QRS-Amplitudenzunahme erstellen.

Mit Ausnahme der Gruppe der RIA + RC Bypässe, bei denen kein Unterschied im prä- zu postoperativen Verhalten der R-Amplituden feststellbar war, war in allen anderen Bypasskombinationen präoperativ häufiger als postoperativ die sogenannte pathologische R- und QRS-Amplitudenreaktion aufgetreten. In allen Fällen jedoch hatte das präoperative Verhalten der R- und QRS-Amplituden eine deutlich geringere Sensitivität für das Erkennen der koronaren Herzkrankheit, als die klassischen Parameter.

Stenosen	n	sog. path. R-Ampl.-reaktion (max Ischämie)		Path. QRS-Ampl.-reaktion (max. Ischämie)		ST-Senkung vorhanden		AP vorhanden	
		prä Op	post Op	prä Op	post Op	prä Op	post Op	prä Op	post Op
RIA	7	6 (86%)	1 (14%)	7 (100%)	1 (14%)	6 (86%)	-	5 (71%)	-
RC	2	2 (100%)	2 (100%)	2 (100%)	2 (100%)	2 (100%)	-	2 (100%)	1 (50%)
RCA	1	-	-	-	1 (100%)	-	-	1 (100%)	-
RIA+RC	11	6 (55%)	6 (55%)	7 (64%)	6 (55%)	11 (100%)	4 (36%)	10 (91%)	3 (27%)
RIA+RCA	18	12 (67%)	6 (33%)	12 (67%)	8 (44%)	14 (78%)	1 (6%)	16 (89%)	3 (17%)
RC+RCA	10	3 (30%)	2 (20%)	5 (50%)	4 (40%)	7 (70%)	1 (10%)	9 (90%)	2 (20%)
RIA+RC+RCA	33	16 (48%)	12 (36%)	21 (64%)	18 (55%)	26 (79%)	7 (21%)	32 (97%)	6 (18%)

Tabelle 7: Verhalten der R- und QRS-Amplituden, ST-Streckensenkung sowie pectanginöser Beschwerden bezogen auf präoperativ vorhandene Stenosen in den koronaren Hauptästen (Gesamtkollektiv der 82 mittels Belastungs-EKG nachuntersuchten Patienten. Nachangiographien liegen nur bei 39 Patienten vor).

In den Tabellen 8, 9 und 10 wurde eine Einteilung entsprechend den revaskularisierten Gefäßen vorgenommen. Wiederum wurde bei operierten Patienten der Operationserfolg an Hand des Verschwindens der pectanginösen Symptomatik (Tabelle 8), der ischämischen ST-Streckensenkung (Tabelle 9) und des Nachangiographiebefundes (Tabelle 10), dem Verhalten der R- und QRS-Amplituden gegenübergestellt.

In Tabelle 8 zeigt sich nach vermutlich erfolgreicher Revaskularisation postoperativ - gleichgültig, ob der Bypass an den RIA, den RC oder die RCA angelegt wurde - nach wie vor eine in hohem Prozentsatz pathologische R- und QRS-Amplitudenreaktion.

Tabelle 9 zeigt das Verhalten von R- und QRS-Amplituden bei den Patienten, die postoperativ keine ischämische ST-Streckensenkung mehr aufwiesen. Auch hier war keine deutliche Änderung des Verhaltens der R- und QRS-Amplituden in Abhängigkeit vom revaskularisierten Gefäß festzustellen.

Die Objektivierung des Operationserfolges an Hand nicht-invasiver Parameter ist allerdings nicht zweifelsfrei. Es wurde daher zusätzlich bei 39 Patienten eine Nachangiographie durchgeführt.

Auch wenn zur Beurteilung des Operationserfolges angiographische Ergebnisse berücksichtigt werden, war bei gesichertem Operationserfolg nur bei wenigen Patienten ein Kleinerwerden der R- und QRS-Amplituden unter Belastung festzustellen und keine Abhängigkeit vom revaskularisierten Gefäß oder einer bestimmten Revaskularisationskonstellation nachweisbar (Tabelle 10). Grundsätzlich war beim bypassoperierten Patientenkollektiv der Einfluß der regionalen Myocardischämie auf das Verhalten der R- und QRS-Amplituden nicht einfach zu ermitteln, da zumeist mehrere Gefäße revaskularisiert wurden.

Eine bei vorläufiger Auswertung getroffene Annahme, daß insbesondere Vorderwandischämien zur Erhöhung der R-Amplituden unter Belastung führt, ließ sich im Gesamtkollektiv

nicht belegen. Die Ergebnisse zeigten nicht, daß ein bestimmter Gefäßbefall bevorzugt mit einer R- oder QRS-Amplitudenzunahme unter Belastung korreliert.

	n	sog. path. R-Amplitudenreaktion prä Op	post Op	sog. path. QRS-Amplitudenreaktion prä Op	post Op
alle Patienten mit RIA-Bypass	52	20 (38%)	16 (31%)	33 (63%)	24 (46%)
alle Patienten nur mit RIA-Bypass	5	5 (100)	-	5 (100)	-
alle Patienten mit RIA-Bypass u.a. Bypässen	47	25 (53%)	16 (34%)	28 (60%)	24 (51%)
alle Patienten mit RC-Bypass	42	21 (50%)	15 (36%)	26 (62%)	25 (60%)
alle Patienten nur mit RC-Bypass	1	1	1	1	1
alle Patienten mit RC-Bypass u.a. Bypässen	41	20 (49%)	14 (34%)	25 (61%)	24 (59%)
alle Patienten mit RCA-Bypass	47	23 (49%)	15 (32%)	28 (60%)	24 (51%)
alle Patienten nur mit RCA-Bypass	1	-	-	-	1
alle Patienten mit RCA-Bypass u.a. Bypässen	46	23 (50%)	15 (33%)	28 (61%)	23 (50%)

Tabelle 8: Häufigkeit sog. pathologischer R- und QRS-Amplitudenänderungen im prä- und postoperativen Belastungs EKG. Einteilung entsprechend dem Operationserfolg; gemessen am postoperativen Ausbleiben von Angina pecto

	n	sog. path. R-Amplitudenreaktion		sog. path. QRS-Amplitudenreaktion	
		prä Op	post Op	prä Op	post Op
alle Patienten mit RIA-Bypass	46	31 (67%)	15 (33%)	31 (67%)	21 (46%)
alle Patienten nur mit RIA-Bypass	6	6 (100%)	-	6 (100%)	-
alle Patienten mit RIA-Bypass u.a. Bypässen	40	25 (63%)	15 (38%)	25 (63%)	21 (53%)
alle Patienten mit RC-Bypass	36	19 (53%)	13 (36%)	22 (61%)	20 (56%)
alle Patienten nur mit RC-Bypass	2	2 (100%)	2 (100%)	2 (100%)	2 (100%)
alle Patienten mit RC-Bypass und u.a. Bypässen	34	17 (50%)	11 (32%)	20 (59%)	18 (53%)
alle Patienten mit RCA-Bypass	40	22 (55%)	12 (30%)	24 (60%)	20 (50%)
alle Patienten nur mit RCA-Bypass	-	-	-	-	-
alle Patienten mit RCA-Bypass u.a. Bypässen	40	22 (55%)	12 (30%)	24 (60%)	20 (50%)

Tabelle 9: Häufigkeit sog. pathologischer R- und QRS Amplitudenänderungen in prä- und post-operativen Belastungs EKG. Einteilung entsprechend dem Operationserfolg; gemessen am postoperativen Ausbleiben der ischämischen ST-Streckensenkung

	n	sog. path. R-Amplitudenreaktion (max. Ischämie) prä Op	post Op	sog. path. QRS-Amplitudenreaktion (max. Ischämie) prä Op	post Op
RIA-Bypässe offen, alle Patienten	28	16 (57%)	11 (39%)	20 (71%)	15 (54%)
RIA-Bypass singulär offen	2	2 (100%)	- (0%)	2 (100%)	- (0%)
RIA-Bypässe offen, andere Bypässe offen	21	12 (57%)	8 (38%)	14 (67%)	13 (62%)
RIA-Bypässe offen, andere Bypässe verschlossen	5	2 (40%)	3 (60%)	4 (80%)	2 (40%)
RC-Bypässe offen, alle Patienten	21	12 (57%)	9 (43%)	14 (67%)	11 (52%)
RC-Bypass singulär offen	-	- (0%)	- (0%)	- (0%)	- (0%)
RC-Bypässe offen, andere Bypässe offen	16	9 (56%)	7 (44%)	11 (69%)	10 (63%)
RC-Bypässe offen, andere Bypässe verschlossen	5	3 (60%)	2 (40%)	3 (60%)	2 (40%)
RCA-Bypässe offen, alle Patienten	19	11 (58%)	6 (32%)	13 (68%)	10 (53%)
RCA-Bypass singulär offen	-	-	-	-	-
RCA-Bypässe offen, andere Bypässe offen	19	11 (58%)	6 (32%)	13 (68%)	10 (53%)
RCA-Bypässe offen, andere Bypässe verschlossen	-	-	-	-	-

Tabelle 10: Häufigkeit sog. pathologischer R- und QRS-Amplitudenänderungen im prä- und postoperativen Belastungs EKG. Einteilung entsprechend dem Operationserfolg überprüft postoperativer Koronarographie

3.1.2. Verhalten der R- und QRS-Amplituden unter Belastung in Abhängigkeit von der linksventrikulären Auswurfrate

Im folgenden Abschnitt wurde der Versuch unternommen, die linksventrikulären Auswurfraten mit einem bestimmten Verhalten der R- und QRS-Amplituden in Beziehung zu setzen.

In Tabelle 11 wurde die Häufigkeit von Angina pectoris, ST-Streckensenkung und sog. pathologischer R- und QRS-Amplitudenänderungen einer guten (EF $\geq$ 65%), mittleren (55% $\leq$ EF $\leq$ 65%) und schlechten (EF $\leq$ 55%) präoperativen linksventrikulären Auswurfrate gegenübergestellt.

Eine typische Korrelation ist nicht erkennbar.

- In der Gruppe der Patienten mit präoperativ guter Auswurfrate zeigten präoperativ 58% ein Anwachsen der R-Amplitude und 69% ein Größerwerden der QRS-Amplitude. Bei 89% waren jedoch Angina pectoris und zum gleichen Prozentsatz eine ischämische ST-Streckensenkung festzustellen. Nach der Operation waren ischämische EKG Veränderungen zu 19% und subjektive Beschwerden in 17% nachzuweisen. Eine sog. pathologische R-Amplitudenreaktion war noch zu 33% und eine entsprechende Reaktion der QRS-Amplituden zu 42% nachzuweisen.

- Patienten mit mittlerer Auswurfrate hatten prä- und postoperativ fast in gleichem Maße sog. pathologische R- und QRS Amplitudenreaktionen. Die ischämischen ST-Streckensenkungen reduzierten sich jedoch von 87% (prä Op) auf 13% (post Op) und das Auftreten von Angina pectoris von 93% (prä Op) auf 20% (post Op).

- Patienten mit einer präoperativen Auswurfrate $\leq$ 55% zeigten präoperativ zu 46% - postoperativ reduziert auf die Hälfte - ein Anwachsen der R-Amplitude und zu 62% prä- und postoperativ ein Anwachsen der QRS-Amplituden. Die ischämische ST-Streckensenkung zeigte sich präoperativ zu 62%, postoperativ nur noch zu 8%; Angina pectoris trat vor der Operation bei 92%, nach der Operation bei 15% der Patienten auf.

Die Ruheauswurfrate vor Operation hatte im vorliegenden Patientenkollektiv keinen erkennbaren Einfluß auf das Verhalten der R- und QRS-Amplitudenänderungen. Es zeigte sich nicht, daß etwa eine geringe Auswurfrate zu vermehrt pathologischer R-Amplitudenreaktion neigt.

Die Sensitivität zur Erkennung der Koronaren Herzkrankheit war in allen Fällen für die klassischen Parameter größer.

prä Op EF	n	sog. path. R-Ampl. Reaktion prä Op	sog. path. R-Ampl. Reaktion post Op	sog. path. QRS-Ampl. Reaktion prä Op	sog. path. QRS-Ampl. Reaktion post Op	ST-Senkung vorhanden prä Op	ST-Senkung vorhanden postOp	AP vorhan prä Op	p
≥65%	36	21(58%)	12(33%)	25(69%)	15(42%)	32(89%)	7(19%)	32(89%)	6
55%<EF ≤65%	15	7(47%)	6(40%)	7(47%)	7(47%)	13(87%)	2(13%)	14(93%)	3
≤55%	13	6(46%)	3(23%)	8(62%)	8(62%)	8(62%)	1(8%)	12(92%)	2

Tabelle 11: Häufigkeit von AP, ST-Streckensenkung und sog. patholo schen R- und QRS-Amplitudenänderungen im prä- und post operativen Belastungs-EKG in Abhängigkeit von der präoperativen Auswurfrate des linken Ventrikels.

In Tabelle 12 wurde versucht, die sog. pathologischen R- und QRS-Amplitudenreaktionen, die ischämische ST-Streckensenkung sowie aufgetretene pectanginöse Beschwerden, der veränderten Auswurfrate gegenüberzustellen. Es wurde in gebessert, gleich geblieben und verschlechtert unterteilt. Die zusätzlichen Untergruppen geben das Verhältnis der prä- zu post-operativen Auswurfraten wieder.

- Patienten, die präoperativ eine Auswurfrate ≥ 65% hatten, die sich durch die Operation verbessern ließ, zeigten präoperativ jeweils zu 70% pathologische R- und QRS-Amplitudenreaktion. Ischämische ST-Streckensenkungen und Angina pectoris waren bei 90% vorhanden. Jedoch hatten nach der Operation immer noch 40% eine sog. pathologische

R- und 60% eine sog. pathologische QRS-Amplitudenreaktion. 0% zeigten nach dem Eingriff pectanginöse Beschwerden und nur noch 10% eine ischämische ST-Streckensenkung.

- Patienten, die vor der Operation geringe Auswurfraten (≤65%), nachher jedoch wesentlich günstigere Werte zeigten, hatten vor dem Eingriff zu 71% eine sog. pathologische R- und zu 86% eine sog. pathologische QRS-Amplitudenreaktion. Durch den revaskularisierenden Eingriff, der eine günstigere Auswurfrate bewirkt hatte, ließ sich der prozentuale Anteil sog. pathologischer QRS-Amplitudenreaktionen nicht senken, der der R-Amplitude auf 43%. Die ischämische ST-Streckensenkung sowie Angina pectoris traten vor der Operation zu 86% auf, nachher nur noch zu 14%.

- Patienten, die vor der Operation eine geringe Auswurfrate hatten, die sich durch den Eingriff zwar bessern, nicht aber über 65% anheben ließ, zeigten präoperativ keine sog. pathologische R- oder QRS-Amplitudenreaktion, postoperativ in einem Fall. Alle Patienten hatten präoperativ Angina pectoris (100%), postoperativ 0%, eine ischämische ST-Streckensenkung hatten 50% (präop.) bzw. 25% (postop.).

- Patienten, bei denen die Operation keine Veränderung der Auswurfraten bewirkt hatte, lassen ebensowenig eine bestimmte Korrelation zum Verhalten der R- oder QRS-Amplitude erkennen.

- Bei nur 4 Patienten verschlechterte sich die Auswurfrate nach der Operation. Dies wird weder durch postoperativ vermehrt aufgetretene sog. pathologische Amplitudenreaktionen, noch durch gleich oder verstärkt aufgetretene Angina pectoris oder ischämische ST-Streckensenkung deutlich. Die geringen Fallzahlen lassen jedoch keine verallgemeinernde Aussage zu.

Es war keine Korrelation zwischen verbesserter, gleichgebliebener oder verschlechterter Auswurfrate und pathologischen Amplitudenreaktionen festzustellen.

EF	n	sog.path.R-Ampl.-Reaktion prä Op	sog.path.R-Ampl.-Reaktion post Op	sog.path.QRS-Ampl.-Reaktion prä Op	sog.path.QRS-Ampl.-Reaktion post Op	ST-Senkung vorhanden prä Op	ST-Senkung vorhanden post Op	AP vorhanden prä Op	AP vorhanden post Op
gebessert prä Op ≥ 65 post Op ≥ 65	10	7 (70%)	4 (40%)	7 (70%)	6 (60%)	9 (90%)	1 (10%)	9 (90%)	-
gebessert prä Op ≤ 65 post Op ≥ 65	7	5 (71%)	3 (43%)	6 (86%)	6 (86%)	6 (86%)	1 (14%)	6 (86%)	1 (14%)
gebessert prä Op ≤ 65 post Op ≤ 65	4	-	1 (25%)	-	1 (25%)	2 (50%)	1 (25%)	4 (100%)	-
gleich geblieben ≥ 65	7	4 (57%)	2 (29%)	6 (86%)	2 (29%)	6 (86%)	2 (29%)	6 (86%)	2 (29%)
gleich geblieben ≤ 65	7	4 (57%)	1 (14%)	4 (57%)	3 (43%)	4 (57%)	-	6 (86%)	1 (14%)
verschlechtert prä Op ≥ 65 post Op > 65	2	1 (50%)	1 (50%)	1 (50%)	1 (50%)	2 (100%)	-	1 (50%)	-
verschlechtert prä Op ≥ 65 post Op ≤ 65	1	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-	1 (100%)	-
verschlechtert prä Op ≤ 65 post Op ≤ 65	1	-	-	1 (100%)	-	1 (100%)	-	1 (100%)	-

Tabelle 12: Häufigkeit von Angina pectoris (A.P.), ST-Streckensenkung sowie sog. pathologischen R- und QRS-Amplitudenänderungen unter Belastung in Abhängigkeit zur geänderten Auswurfrate.

3.1.3. Verhalten der R- und QRS-Amplituden unter Belastung in Abhängigkeit vom Koronarscore

Die Tabellen 13 und 14 beziehen sich auf den Koronarscore. In Tabelle 13 wurden die Parameter R- und QRS-Amplituden, ST-Streckensenkung sowie Angina pectoris in Beziehung zum präoperativen Koronarscore gesetzt. Die Zahlen, durch die der Koronarscore beschrieben wird, wurden zu Gruppen, die jeweils 10 Zahlen umfassen, zusammengefaßt.

Es läßt sich keine Beziehung zwischen dem Ausmaß der Koronarstenosierung und einer sog. pathologischen R- oder QRS-Amplitudenreaktion aufstellen. Selbst bei hämodynamisch ungünstigen Koronarverhältnissen mit Werten des Scores über 40 ist präoperativ nur bei etwa 50% der Patienten ein Größerwerden von R- und QRS-Amplitude festzustellen. In keinem Fall ließ sich mit Hilfe des Verhaltens der R- oder QRS-Amplituden die Sensitivität zur Erkennung der Koronaren Herzkrankheit steigern.

Tabelle 14 berücksichtigt die Besserung des postoperativen Koronarscores. Bei Patienten, bei denen der Koronarscore um bis zu 19 verbessert werden konnte, lag postoperativ der Anteil sog. pathologischer Amplitudenreaktionen bei etwa 30%. Im Gegensatz dazu war selbst bei deutlich gebessertem Score, d.h. zwischen 40 und 60, postoperativ noch in über 60% der Fälle ein sogenanntes "pathologisches" Amplitudenverhalten zu registrieren. Die klassischen EKG-Parameter sowie subjektiven Beschwerden geben auch in diesem Fall die koronare Situation besser wieder.

	n	sog.path.R-Ampl.-Reaktion prä Op	post Op	sog.path.QRS-Ampl.-Reaktion prä Op	post Op	ST-Senkung vorhanden prä Op	post Op	AP vorhanden prä Op	post Op
Score zwischen 0 und 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
" 10 und 19	5	2 (40%)	2 (40%)	4 (80%)	2 (40%)	2 (40%)	0	4 (80%)	1 (20%)
" 20 und 29	17	12 (71%)	6 (35%)	12 (71%)	6 (35%)	14 (82%)	2 (12%)	14 (82%)	3 (18%)
" 30 und 39	33	18 (55%)	9 (27%)	22 (67%)	14 (42%)	28 (85%)	5 (15%)	31 (94%)	7 (21%)
" 40 und 49	17	8 (47%)	6 (35%)	10 (59%)	10 (59%)	14 (82%)	2 (12%)	16 (94%)	2 (12%)
" 50 und 60	10	5 (50%)	6 (60%)	5 (50%)	7 (70%)	7 (70%)	2 (20%)	10(100%)	2 (20%)

Tabelle 13: Häufigkeit von Angina pectoris, ST-Streckensenkung sowie R- und QRS-Amplitudenzunahme im prä- und postoperativen Belastungs EKG. Einteilung entsprechend dem präoperativen Koronarscore.

	n	sog.path.R-Ampl.-Reaktion prä Op	post Op	sog.path.QRS-Ampl.-Reaktion prä Op	post Op	ST-Senkung vorhanden prä Op	post Op	AP vorhanden prä Op	post Op
Score gleich geblieben	3	1 (33%)	0	1 (33%)	2 (67%)	2 (67%)	1 (33%)	3 (100%)	0
Score gebess. um 0- 9	6	3 (50%)	2 (33%)	4 (67%)	1 (17%)	6 (100%)	1 (17%)	5 (83%)	0
" 10-19	7	5 (71%)	1 (14%)	5 (71%)	4 (57%)	4 (57%)	0	5 (71%)	2 (28%)
" 20-29	12	7 (58%)	4 (33%)	9 (75%)	5 (42%)	11 (92%)	3 (25%)	10 (83%)	2 (17%)
" 30-39	5	4 (80%)	1 (20%)	4 (80%)	3 (60%)	3 (60%)	0	5 (100%)	0
" 40-49	3	0	2 (67%)	0	2 (67%)	3 (100%)	0	3 (100%)	0
" 50-60	3	2 (67%)	3 (100%)	3 (100%)	3 (100%)	1 (33%)	0	3 (100%)	0

Tabelle 14: Häufigkeit von Angina pectoris, ST-Streckensenkung sowie R- und QRS-Amplitudenzunahme im prä- und postoperativen Belastungs EKG. Einteilung entsprechend dem geänderten Koronarscore.

3.1.4. Verhalten der R- und QRS-Amplituden unter Belastung in Abhängigkeit von regionaler Ventrikelfunktion

In der Tabelle 15 wurde der Versuch unternommen, das Verhalten regionaler Myocardischämien zum Verhalten der R- und QRS-Amplituden in Beziehung zu setzen. Es fragt sich nämlich, ob gegebenenfalls eine Vorderwandischämie direkt unter der Brustwandableitung V5 anders auf die R- und QRS-Amplitude einwirkt als eine Hinterwandischämie, die weit von dieser Ableitung entfernt ist. Diese Hypothese ließ sich jedoch nicht bestätigen. Methodisch war jedoch gerade diese Frage am bypassoperierten Patienten sehr schlecht zu überprüfen, da im allgemeinen wie auch im untersuchten Patientenkollektiv multiple Ventrikelveränderungen vorlagen und nur selten 1-Gefäßkrankheiten mit reiner Vorder- oder Hinterwandischämie operiert wurden.

	n	sog.path.R-Ampl.-Reaktion prä Op	post Op	sog.path.QRS-Ampl-Reaktion prä Op	post Op	ST-Senkung vorhanden prä Op	post Op	AP vorhanden prä Op	post Op
VW erfolgreich HW o.B.	2	2 (100%)	1 (50%)	2 (100%)	2 (100%)	2 (100%)	1 (50%)	2 (100%)	1 (50%)
HW erfolgreich VW o.B.	6	5 (83%)	2 (33%)	5 (83%)	1 (17%)	5 (83%)	0	6 (100%)	0
HW erfolgreich VW erfolgreich	1	1 (100%)	0	1 (100%)	0	1 (100%)	0	1 (100%)	0
VW erfolgreich HW ischämisch	1	1 (100%)	0	1 (100%)	0	1 (100%)	0	1 (100%)	0
HW erfolgreich VW ischämisch	2	1 (50%)	0	1 (50%)	1 (50%)	2 (100%)	0	2 (100%)	0
vorher u. nachher gute Ventr.fkt.	10	5 (50%)	5 (50%)	7 (70%)	7 (70%)	8 (80%)	2 (20%)	7 (70%)	1 (10%)
kein Erfolg bei Verbesserung der Ventrikelfunktion	12	5 (42%)	3 (25%)	6 (50%)	6 (50%)	7 (58%)	1 (8%)	9 (75%)	2 (17%)
verschlechterte Ventrikelfunktion	5	2 (40%)	2 (40%)	3 (60%)	3 (60%)	4 (80%)	1 (20%)	5 (100%)	0

Tabelle 15: Verhalten der ST-Streckensenkung, Angina pectoris, R- und QRS-Amplituden in Abhängigkeit von der regionalen Ventrikelfunktion.

3.2. Quantitative Bearbeitung der Meßergebnisse:

Zusätzlich zur qualitativen Auswertung, die nur das Größer- bzw. Kleinerwerden der R- und QRS-Amplituden berücksichtigte, wurden die Untersuchungsergebnisse der einzelnen Kollektive quantitativ ausgewertet.

Sowohl die prä- als auch die postoperativen Mittelwerte der ΔST-, ΔR- und Δ QRS-Werte sowie der mittlere Fehler (SEM) wurden mit Hilfe von Blockdiagrammen graphisch dargestellt. Werte der Standardabweichungen sind unterhalb der Abbildungen tabellarisiert.

Folgende Patientenkollektive wurden berücksichtigt:

- Abb. 2 alle Patienten
- Abb. 3 Patienten, bei denen präoperativ aufgetretene Angina pectoris postoperativ nicht mehr auftrat
- Abb. 4 Patienten, bei denen präoperativ aufgetretene ischämische ST-Streckensenkungen postoperativ nicht mehr auftraten
- Abb. 5 Patienten mit angiographisch objektivierter kompletter Revaskularisation
- Abb. 6 Patienten mit angiographisch objektivierter teilweiser Revaskularisation
- Abb. 7 Patienten mit angiographisch objektivierter nicht erfolgreicher Revaskularisation
- Abb. 8 Patienten mit verbesserter linksventrikulärer Auswurfrate
- Abb. 9 Patienten mit unveränderter linksventrikulärer Auswurfrate
- Abb.10 Patienten mit verschlechterter linksventrikulärer Auswurfrate
- Abb.11 Patienten mit kinematographisch objektivierter verbesserter regionaler Ventrikelfunktion
- Abb.12 Patienten mit kinematographisch unveränderter regionaler Ventrikelfunktion
- Abb.13 Patienten mit kinematographisch verschlechterter regionaler Ventrikelfunktion

- Abb.14 Patienten mit unverändertem Koronarscore
- Abb.15 Patienten, deren Koronarscore um 1-19 verbessert werden konnte
- Abb.16 Patienten, deren Koronarscore um 20-39 verbessert werden konnte
- Abb.17 Patienten, deren Koronarscore um 40-60 verbessert werden konnte
- Abb.18-23 Operationserfolg an Hand subjektiver Beschwerden (Angina pectoris ausgeblieben)
  - Abb.18 alle Patienten mit offenem RIA Bypass (A.P. postoperativ ausgeblieben)
  - Abb.19 Patienten mit alleine offenem RIA Bypass
  - Abb.20 alle Patienten mit offenem RC Bypass
  - Abb.21 Patienten mit alleine offenem RC Bypass
  - Abb.22 alle Patienten mit offenem RCA Bypass
  - Abb.23 Patienten mit alleine offenem RCA Bypass
- Abb.24-28 Operationserfolg an Hand klassischer EKG Parameter (ST-Streckensenkung ausgeblieben) objektiviert
  - Abb.24 alle Patienten mit offenem RIA Bypass (ST-Streckensenkung postoperativ ausgeblieben)
  - Abb.25 Patienten mit alleine offenem RIA Bypass
  - Abb.26 alle Patienten mit offenem RC Bypass
  - Abb.27 Patienten mit alleine offenem RC-Bypass
  - Abb.28 alle Patienten mit offenem RCA Bypass
- Abb.29-32 Operationserfolg an Hand einer postoperativen Angiographie objektiviert
  - Abb.29 alle Patienten mit offenem RIA Bypass (angiographisch objektiviert)
  - Abb.30 Patienten mit alleine offenem RIA Bypass
  - Abb.31 alle Patienten mit offenem RC Bypass
  - Abb.32 alle Patienten mit offenem RCA Bypass

Die Auswertung der Abbildungen 2-32 läßt folgende Ergebnisse erkennen:

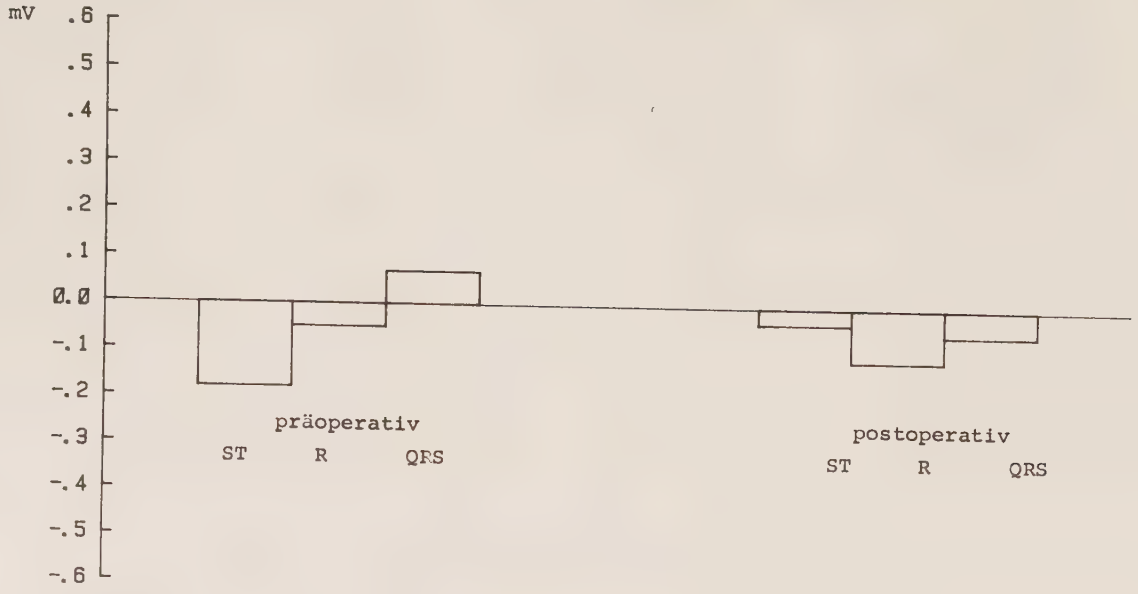
- In fast allen Kollektiven (Ausnahme Abb.23 (n=1)) war vor der Operation im Mittel eine deutlich stärkere ischämische ST-Streckensenkung nachzuweisen als nach dem Eingriff.

- Das Verhalten der Mittelwerte der Δ R- und Δ QRS-Amplituden war sehr unterschiedlich.
- In fast allen Kollektiven (Ausnahmen Abb.7 (n=3), Abb.14 (n=3), Abb.30 (n=2)) waren Standardabweichung sowie mittlerer Fehler der ischämischen ST-Streckensenkung wesentlich kleiner als die der Δ R- und Δ QRS-Amplituden.
- Das Verhalten der Δ R-Mittelwerte war präoperativ in 16 der 31 untersuchten Kollektive (Abb.2, 3, 4, 6, 9, 10, 12, 13, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 31, 32) gegensätzlich zum Verhalten der Δ QRS-Mittelwerte, d.h. im gleichen Kollektiv waren präoperativ die Δ R-Amplituden im Mittel kleiner geworden, während die Δ QRS-Amplituden im Mittel größer geworden waren oder umgekehrt.
  Postoperativ zeigten die Mittelwerte der Δ R- und Δ QRS-Amplituden in der überwiegenden Zahl der Fälle ein gleichgerichtetes Verhalten. Nur in drei untersuchten Kollektiven (Abb.8, 12, 23) wurden die Δ R-Amplituden im Mittel kleiner, während die Δ QRS-Amplituden im Mittel eine sogenannte pathologische Reaktion anzeigten.
- Die Mittelwerte der Δ QRS-Amplituden waren im allgemeinen postoperativ kleiner als die präoperativen Werte. In vier der untersuchten Kollektive (Abb.7 (n=3), Abb.14 (n=3), Abb.17 (n=6), Abb.23 (n=1)) waren die postoperativen Δ QRS-Mittelwerte größer als die präoperativen. Das Verhalten der Δ R-Mittelwerte war auch unter diesem Kriterium betrachtet weniger einheitlich. In den Gruppen der Abb.7, 9, 10, 12, 13, 14, 17, 18, 20, 23, 26 waren postoperativ die Δ R-Amplituden im Mittel größer als präoperativ.
  Es ist nicht so, daß dies alles Gruppen mit geringem oder ausgebliebenem Operationserfolg darstellen.
- Ein Verhalten der Δ R-Mittelwerte im Sinne der sog. pathologischen R-Amplitudenreaktion - unter Belastung präoperativ größer werdend oder gleichbleibend, nach erfolgreicher Revaskularisation kleiner werdend - war nur bei den Kollektiven der Abb.5, 8, 11, 15, 16, 19, 25, 29, 30 nachzuweisen. Es war nicht vorhanden bei den großen Patientengruppen, deren Operationserfolg an Hand der klassischen Parameter (ST-Streckensenkung, Angina pectoris) verifiziert wurde.

Häufiger als die Mittelwerte der Δ R-Amplituden, zeigten die Mittelwerte der Δ QRS-Amplituden ein Verhalten im Sinne der sog. pathologischen Amplitudenreaktion an. Nur in den Kollektiven der Abb.7, 8, 12, 14, 17, 21, 23, 27 - auch Gruppen mit zum Teil erwiesenem Operationserfolg - war gegensätzliches Verhalten aufgetreten.

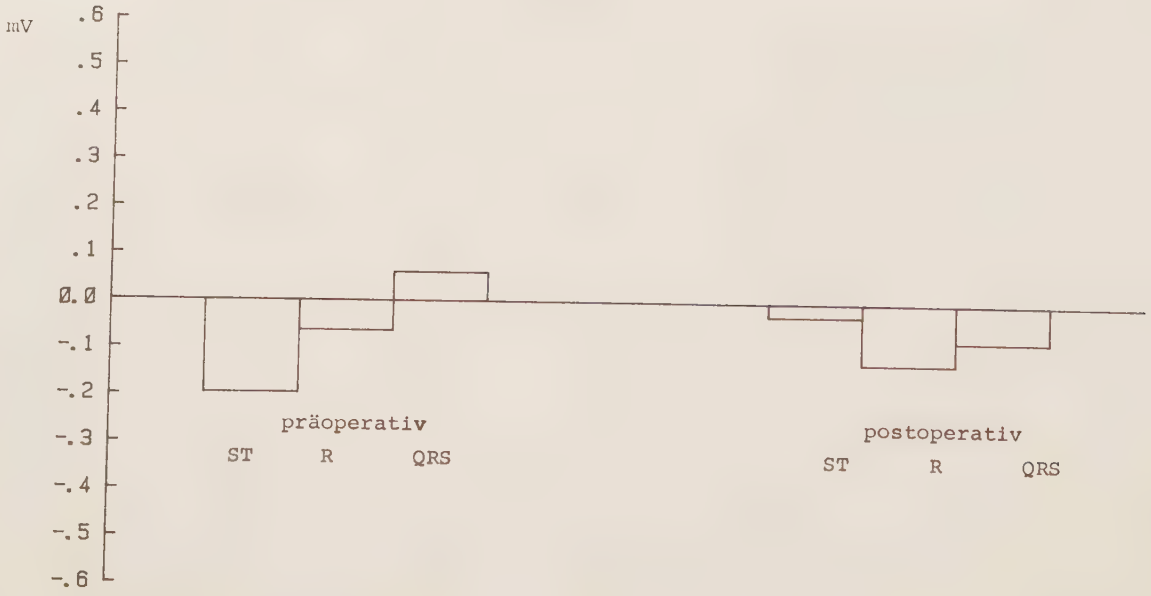
- Bei Auswertung der Patienten, bei denen ausschließlich ein Bypass zum Ramus interventrikularis anterior angelegt wurde, fällt ein einheitliches Verhalten der Mittelwerte der Δ R- und Δ QRS-Amplituden auf. Die Abb.19 (Operationserfolg am postoperativen Ausbleiben von Angina pectoris gemessen (n=5), Abb.25 (Operation an postoperativ nicht mehr auftretender ischämischer ST-Streckensenkung bemessen (n=6)) und Abb.30 (Operationserfolg angiographisch objektiviert) machen ein präoperativ besonders starkes belastungsbedingtes Anwachsen der Δ R- und Δ QRS-Amplituden im Mittel deutlich. Postoperativ wurden die Δ R- und Δ QRS-Amplitudenmittelwerte unter Belastung wesentlich kleiner. Es handelt sich jedoch hierbei um kleine Kollektive, die mit großem mittleren Fehler sowie großer Standardabweichung behaftet sind.

Abb.2: alle Patienten (n=82), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



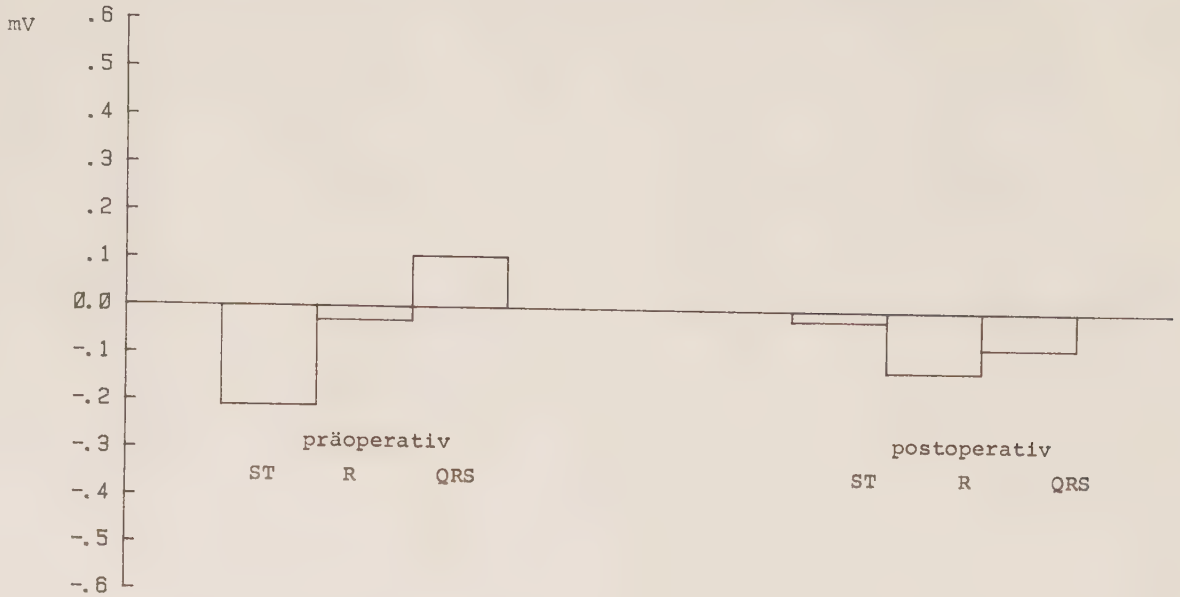
	präoperativ ST	präoperativ R	präoperativ QRS	postoperativ ST	postoperativ R	postoperativ QRS
Mittelwert	-0,18	-0,05	0,07	-0,03	-0,11	-0,06
Standardabw.	0.12	0.42	0.46	0.06	0.34	0.32
SEM	0,01	0,05	0,05	0,01	0,04	0,04

Abb.3: Patienten, bei denen präoperativ aufgetretene Angina pectoris postoperativ nicht mehr auftrat (n=61)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



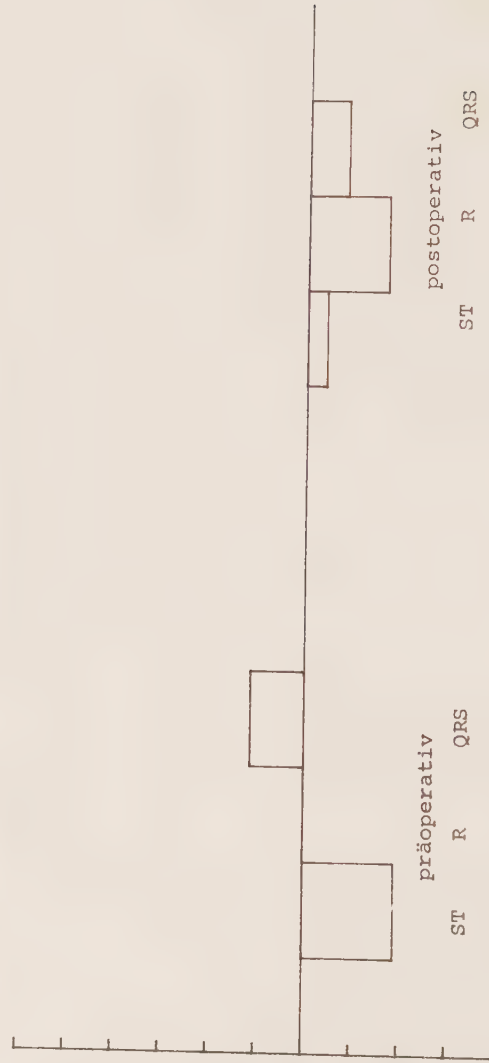
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,2	-0,06	0,06	-0,03	-0,13	-0,08
Standardabw.	0.12	0.4	0.43	0.05	0.23	0.24
SEM	0,02	0,05	0,06	0,01	0,03	0,03

Abb.4: Patienten, bei denen präoperativ aufgetretene ischämische ST-Streckensenkungen postoperativ nicht mehr auftraten (n=55), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



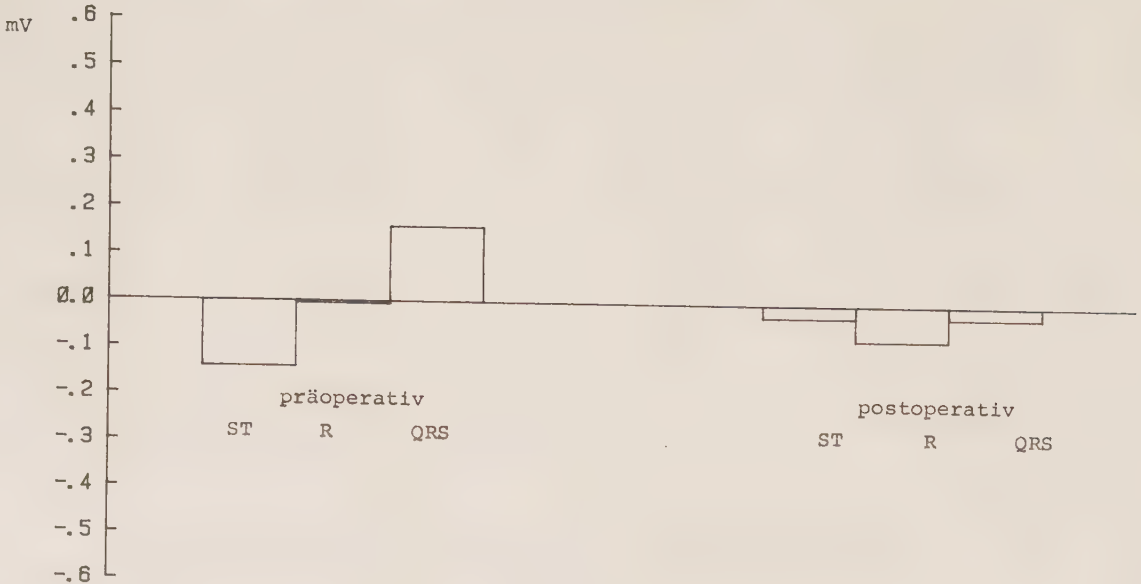
	präoperativ			postoperativ		
Mittelwert	-0,21	-0,03	0,11	-0,02	-0,13	-0,08
Standardabw.	0.1	0.41	0.45	0.03	0.24	0.25
SEM	0,01	0,06	0,06	0	0,03	0,03

Abb.5: Patienten mit angiographisch objektivierter kompletter Revaskularisation (n=16), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



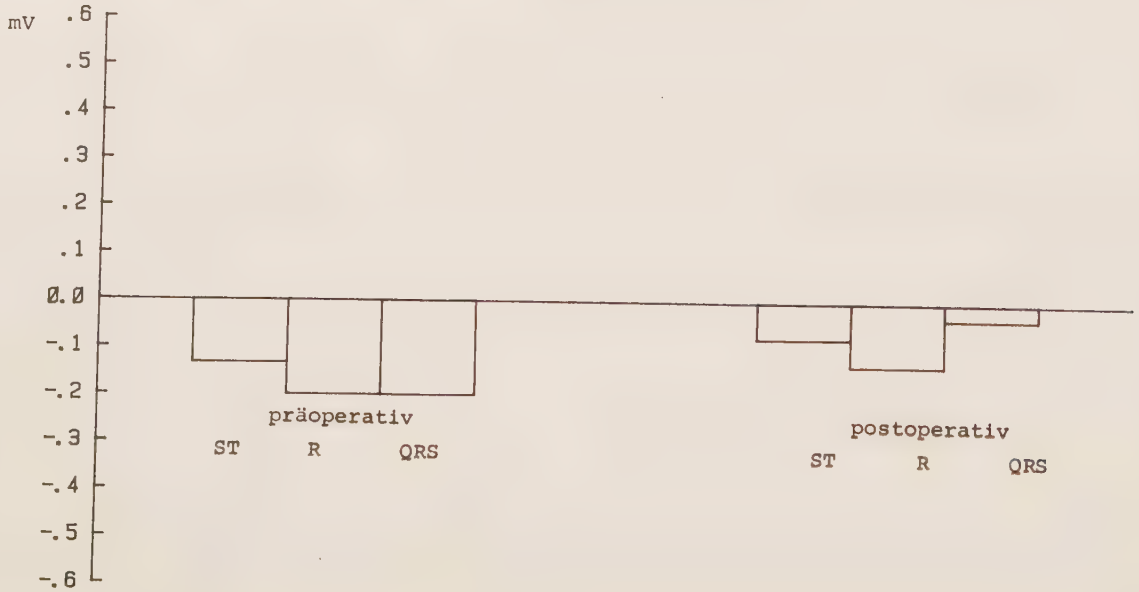
Mittelwert	-0,19	0	0,11	-0,04	-0,17	-0,08
Standardabw.	0.13	0.56	0.44	0.04	0.27	0.3
SEM	0,03	0,14	0,11	0,01	0,07	0,08

Abb.6: Patienten mit angiographisch objektivierter teilweiser Revaskularisation (n=20), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



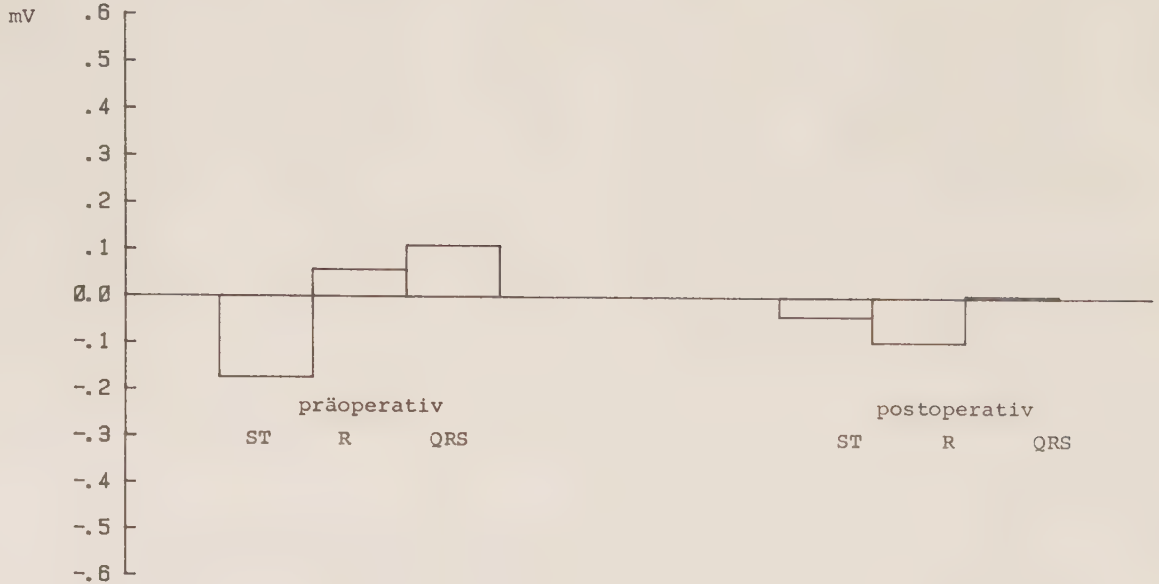
	präoperativ ST	präoperativ R	präoperativ QRS	postoperativ ST	postoperativ R	postoperativ QRS
Mittelwert	-0,14	-0,01	0,16	-0,03	-0,08	-0,03
Standardabw.	0.12	0.39	0.52	0.06	0.24	0.28
SEM	0,03	0,09	0,12	0,01	0,05	0,06

Abb.7: Patienten mit angiographisch objektivierter nicht erfolgreicher Revaskularisation (n=3), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



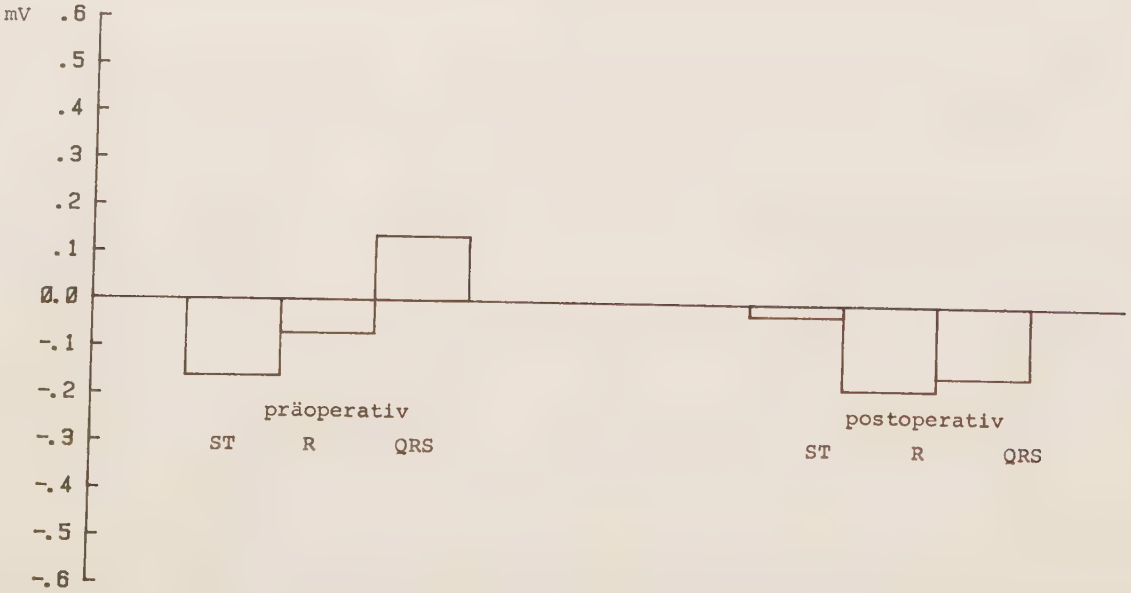
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,13	-0,2	-0,2	-0,08	-0,13	-0,03
Standardabw.	0.12	0.17	0.4	0.12	0.06	0.15
SEM	0,07	0,1	0,23	0,07	0,03	0,09

Abb.8: Patienten mit verbesserter linksventrikulärer Auswurfrate (n=21)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



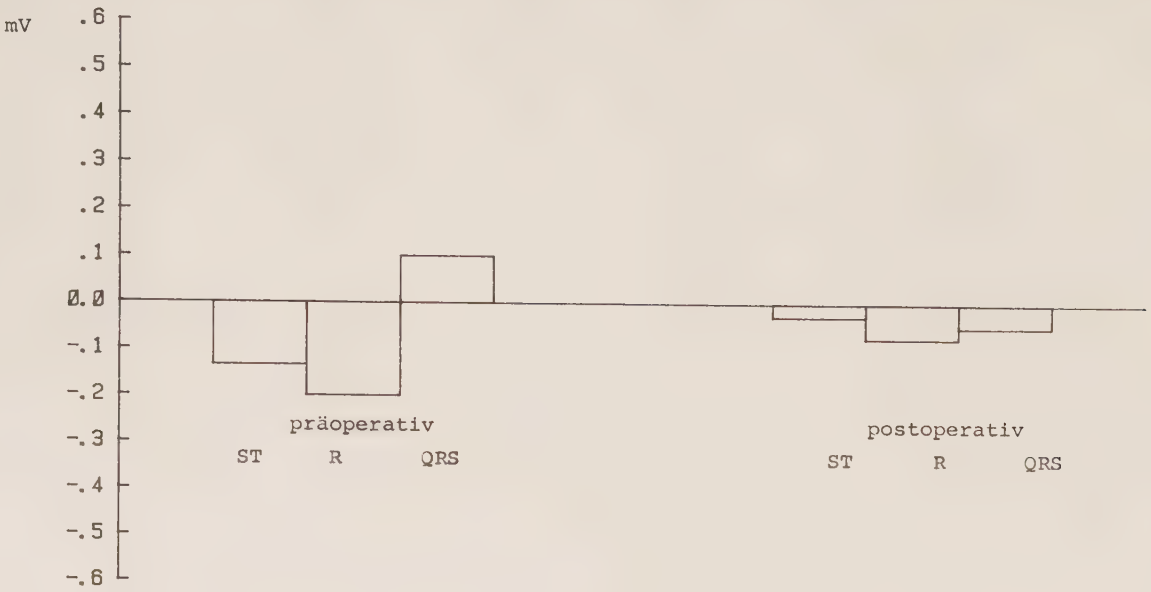
	präoperativ ST	präoperativ R	präoperativ QRS	postoperativ ST	postoperativ R	postoperativ QRS
Mittelwert	-0,17	0,06	0,11	-0,04	-0,1	0
Standardabw.	0.11	0.47	0.55	0.05	0.29	0.32
SEM	0,02	0,1	0,12	0,01	0,06	0,07

Abb.9: Patienten mit unveränderter linksventrikulärer Auswurfrate (n=14)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



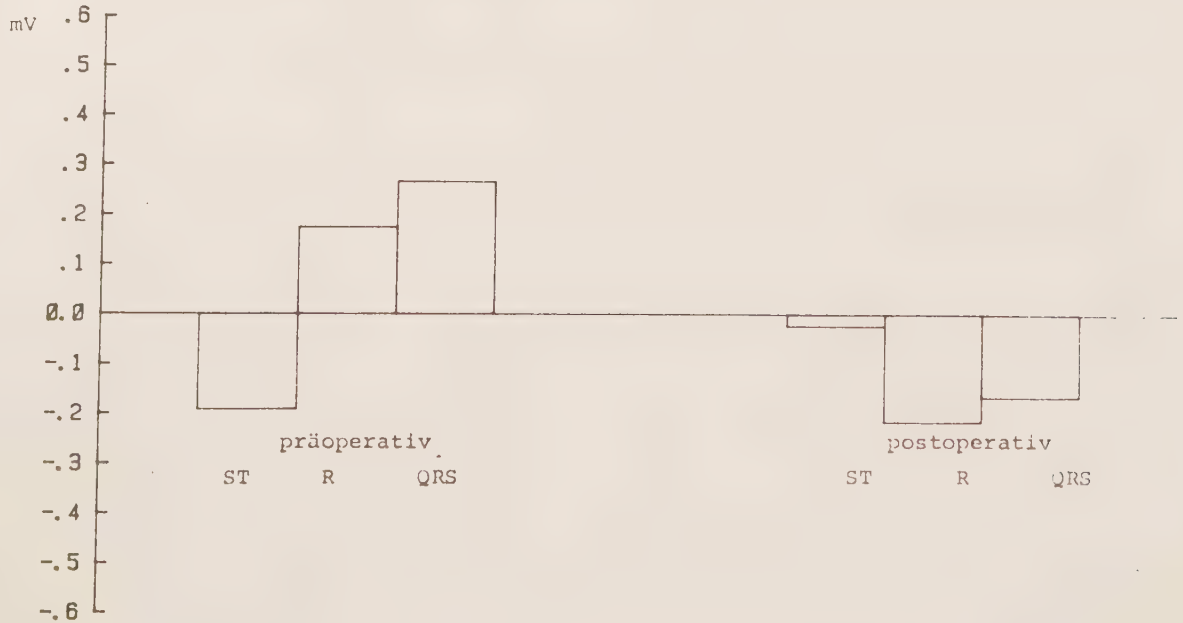
Mittelwert	-0,16	-0,07	0,14	-0,02	-0,18	-0,15
Standardabw.	0.15	0.45	0.43	0.08	0.18	0.21
SEM	0,04	0,12	0,11	0,02	0,05	0,06

Abb.10: Patienten mit verschlechterter linksventrikulärer Auswurfrate (n=4)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



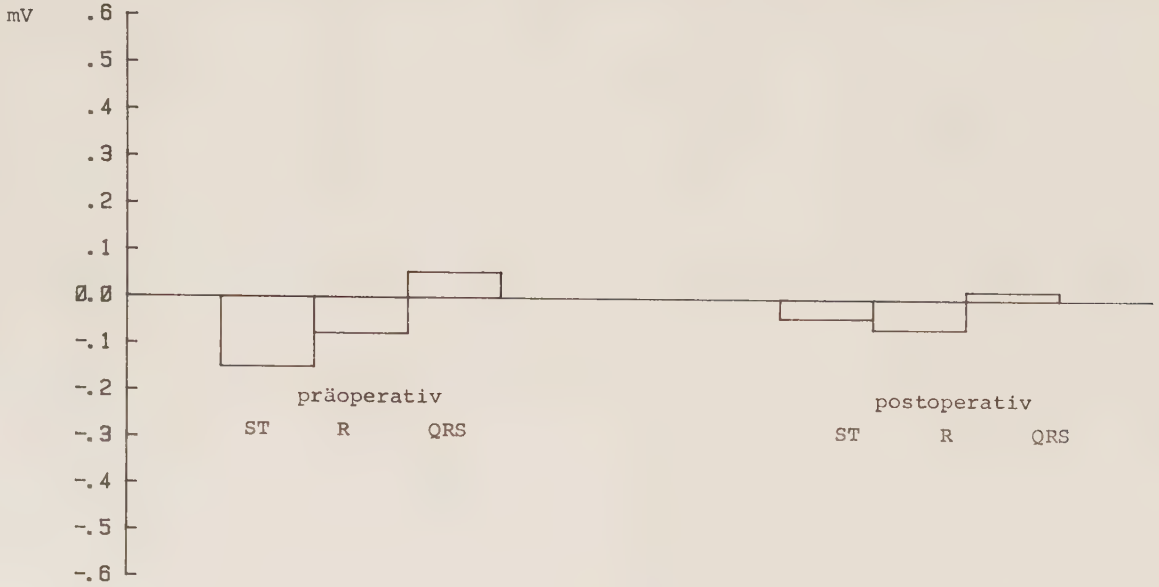
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,14	-0,2	+0,1	-0,03	-0,08	-0,05
Standardabw.	0.09	0.37	0.37	0.04	0.17	0.21
SEM	0,05	0,19	0,19	0,02	0,09	0,11

Abb.11: Patienten mit kinematographisch objektiverter verbesserter regionaler Ventrikelfunktion (n=12), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



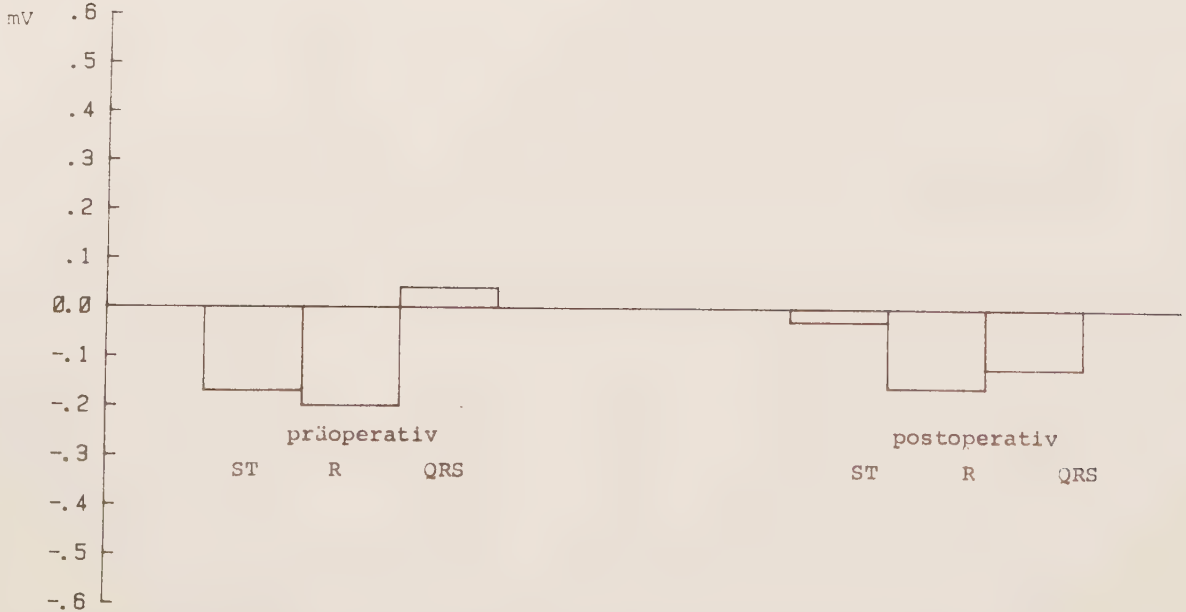
Mittelwert	-0,19	0,18	0,27	-0,02	-0,22	-0,17
Standardabw.	0.09	0.46	0.45	0.04	0.20	0.25
SEM	0,03	0,13	0,13	0,01	0,06	0,07

Abb.12: Patienten mit kinematographisch unveränderter regionaler Ventrikelfunktion (n=22), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



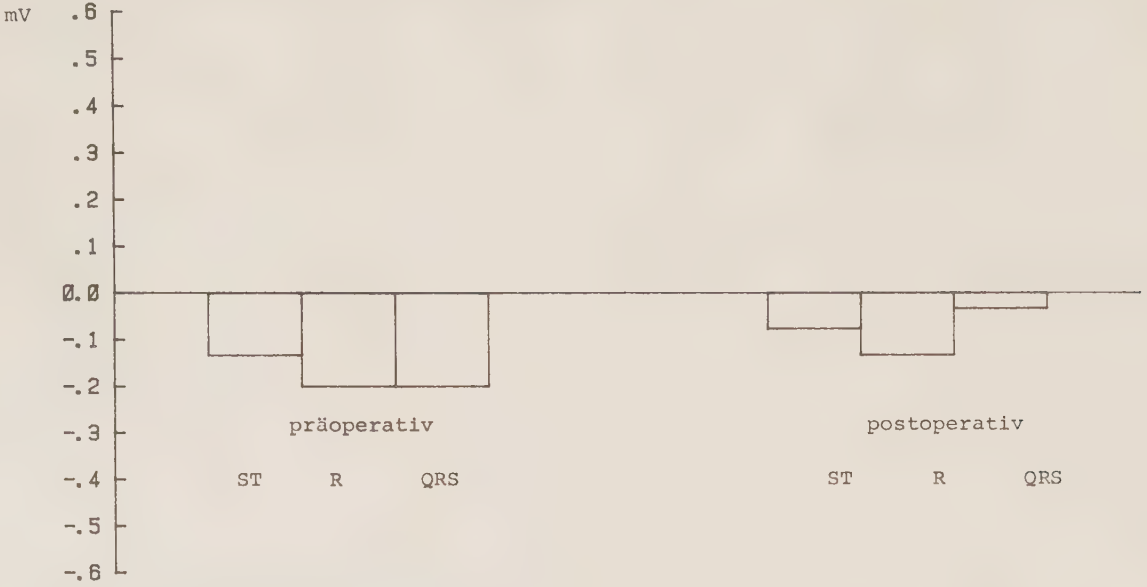
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,15	-0,08	0,05	-0,04	-0,06	0,02
Standardabw.	0.15	0.44	0.53	0.07	0.25	0.29
SEM	0,03	0,09	0,11	0,01	0,05	0,06

Abb.13: Patienten mit kinematographisch verschlechterter regionaler Ventrikelfunktion (n=5), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



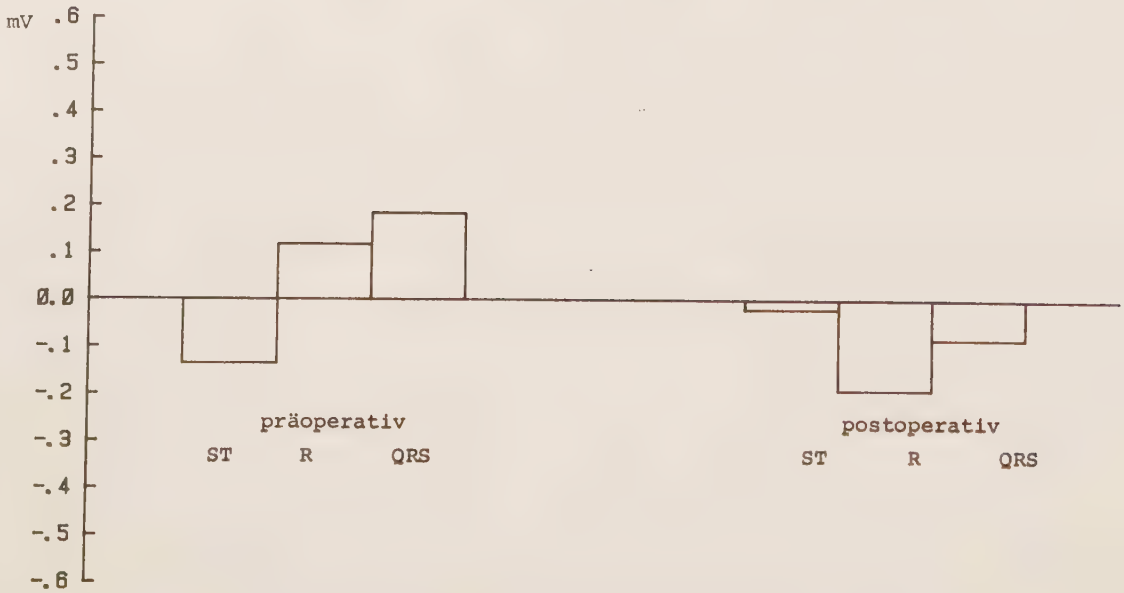
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,17	-0,2	0,04	-0,03	-0,16	-0,12
Standardabw.	0.08	0.35	0.29	0.04	0.27	0.22
SEM	0,04	0,16	0,13	0,02	0,12	0,1

Abb.14: Patienten mit unverändertem Koronarscore (n=3)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



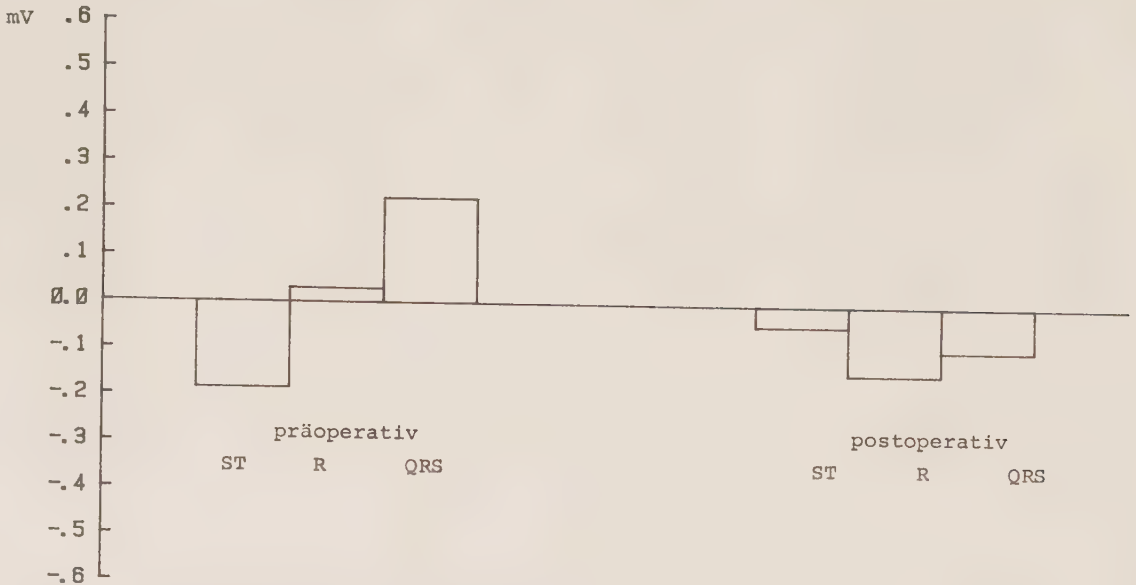
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,13	-0,20	-0,20	-0,08	-0,13	-0,03
Standardabw.	0.12	0.17	0.4o	0.12	0.06	0.15
SEM	0,o7	0,1	0,23	0,07	0,03	0,09

Abb.15: Patienten, deren Koronarscore um 1-19 verbessert werden konnte (n=13)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



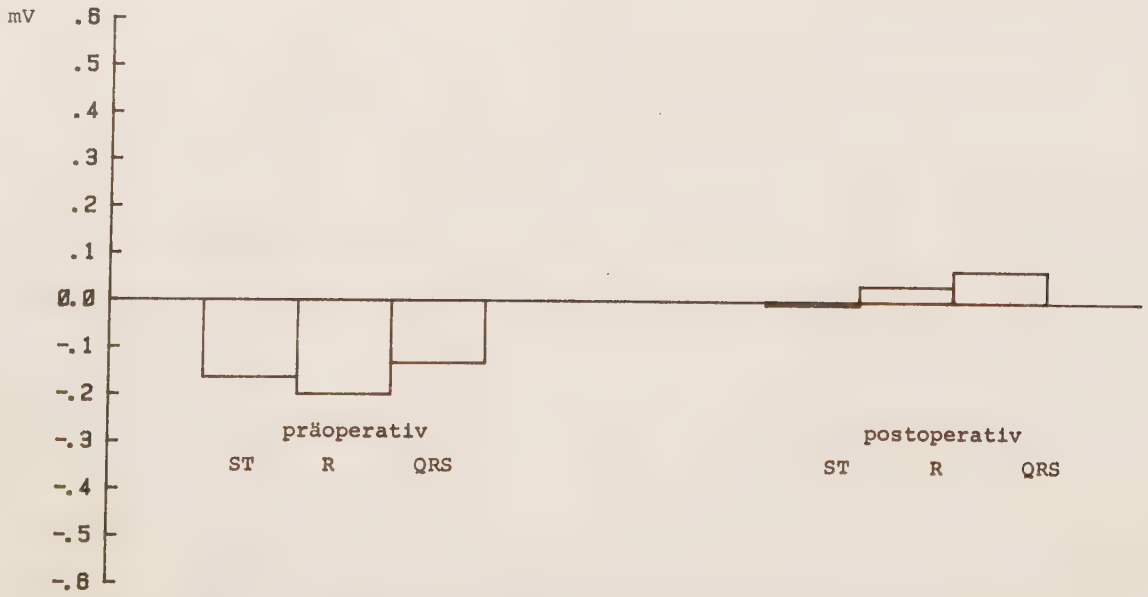
Mittelwert	-0,14	0,12	0,18	-0,02	-0,19	-0,08
Standardabw.	0.12	0.42	0.6	0.08	0.25	0.35
SEM	0,03	0,12	0,17	0,02	0,07	0,1

Abb.16: Patienten, deren Koronarscore um 20-39 verbessert werden konnte (n=17)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



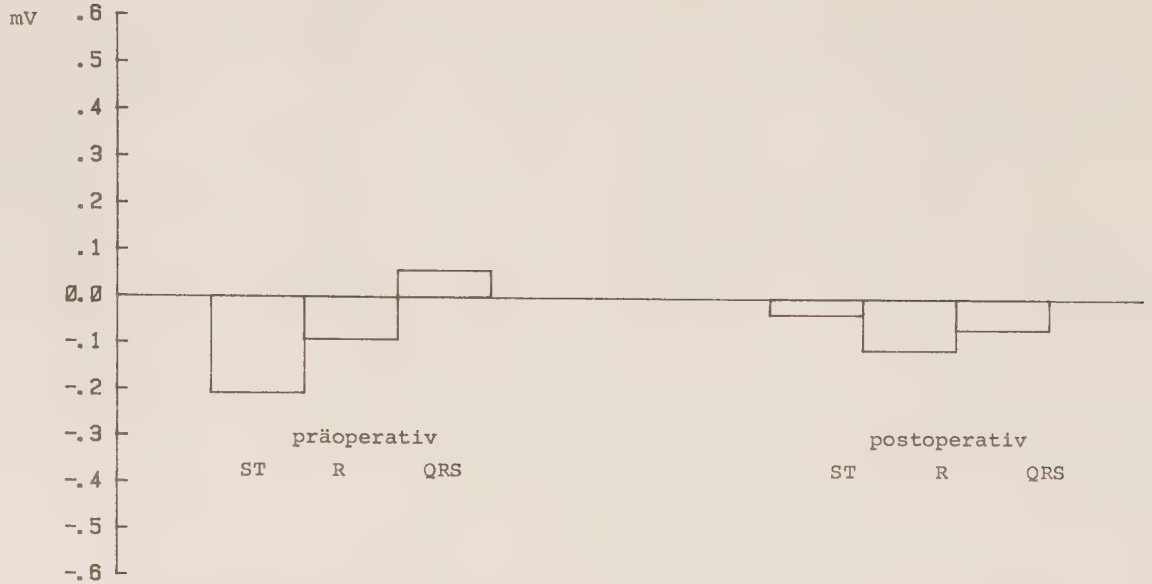
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,19	0,03	0,22	-0,04	-0,15	-0,09
Standardabw.	0.12	0.5	0.4	0.04	0.26	0.27
SEM	0,03	0,12	0,1	0,01	0,06	0,07

Abb.17: Patienten, deren Koronarscore um 40-60 verbessert werden konnte (n=6)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



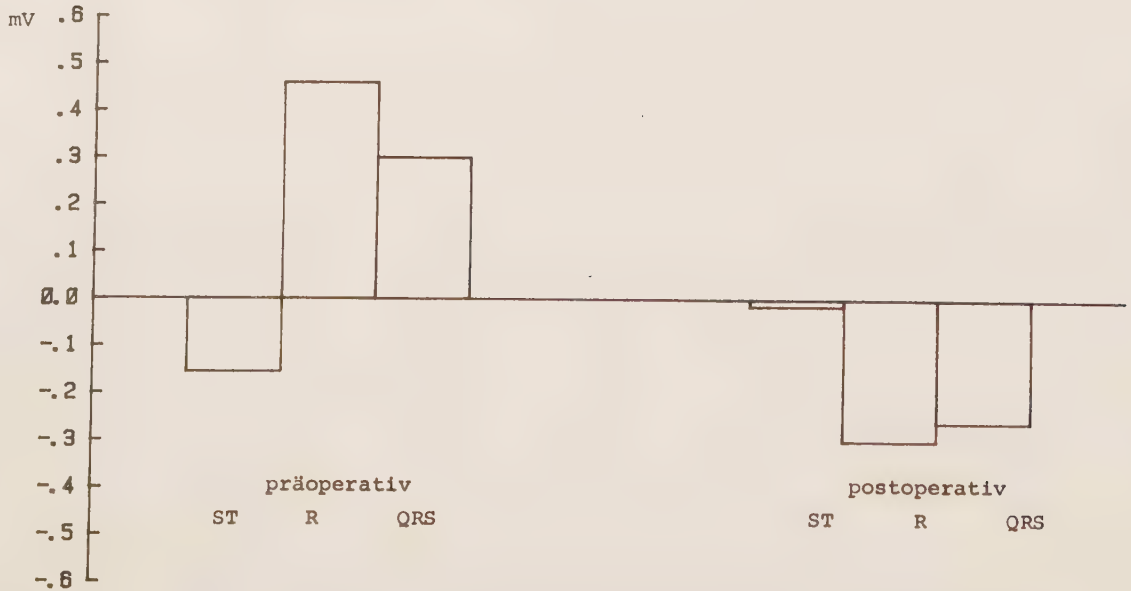
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,17	-0,2	-0,13	-0,007	0,03	0,07
Standardabw.	0.16	0.46	0.44	0.01	0.12	0.16
SEM	0,07	0,19	0,18	0	0,05	0,07

Abb.18: alle Patienten mit offenem RIA Bypass (A.P. postoperativ ausgeblieben) (n=52)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



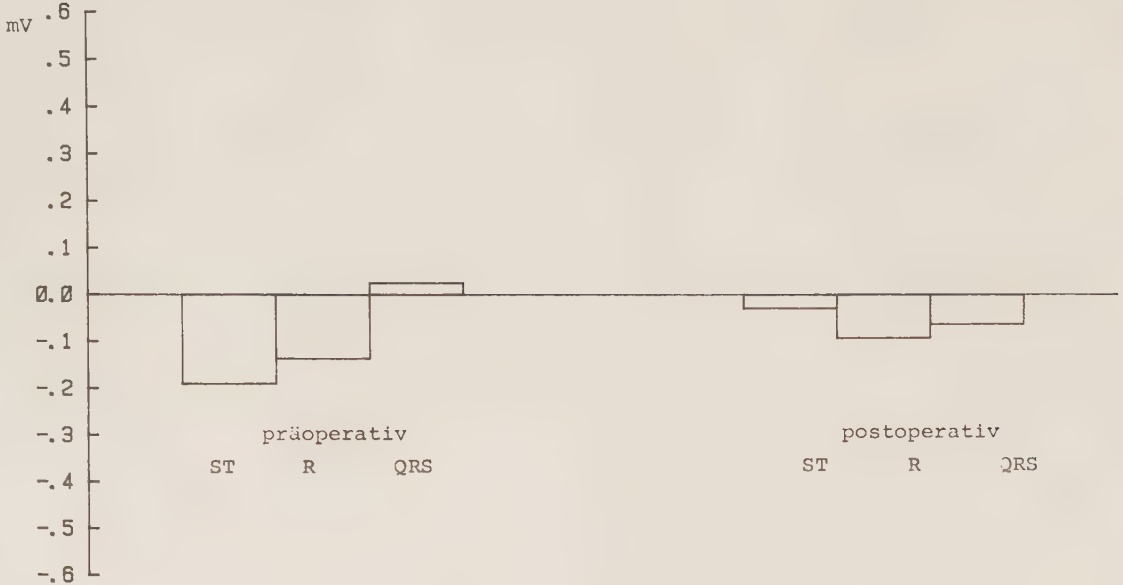
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,21	-0,09	0,06	-0,03	-0,11	-0,07
Standardabw.	0.12	0.35	0.45	0.05	0.25	0.25
SEM	0,02	0,05	0,06	0,01	0,03	0,03

Abb.19: Patienten mit alleine offenem RIA Bypass (n=5)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



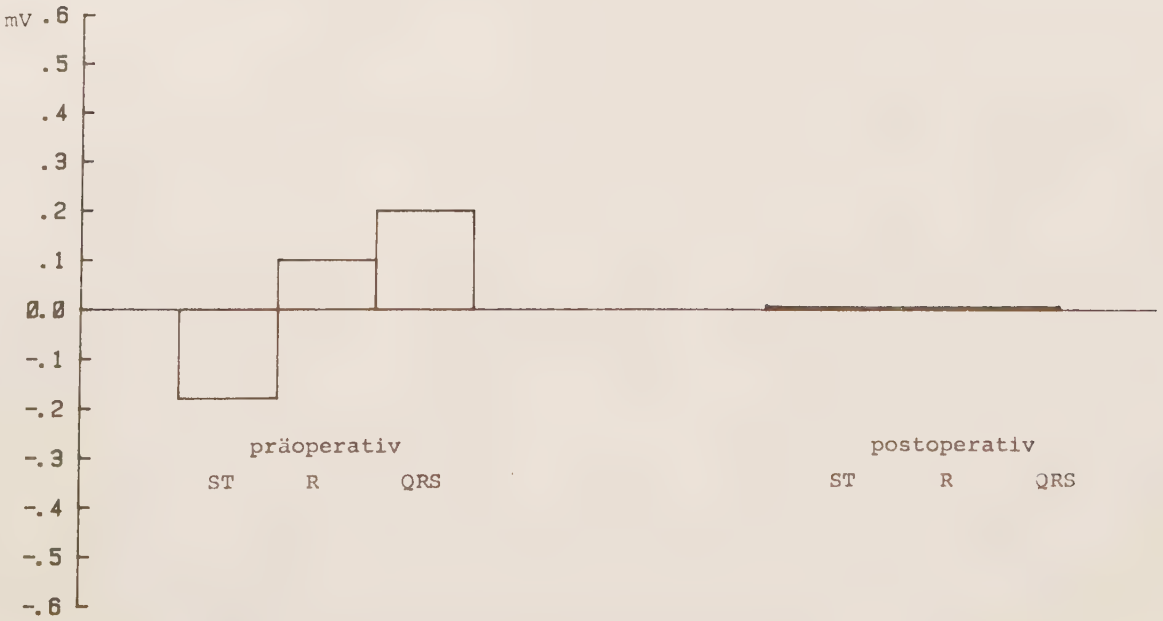
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,16	0,46	0,3	-0,01	-0,3	-0,26
Standardabw.	0.05	0.50	0.41	0.03	0.14	0.18
SEM	0,02	0,22	0,18	0,01	0,06	0,08

Abb.20: alle Patienten mit offenem RC Bypass (n=42)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



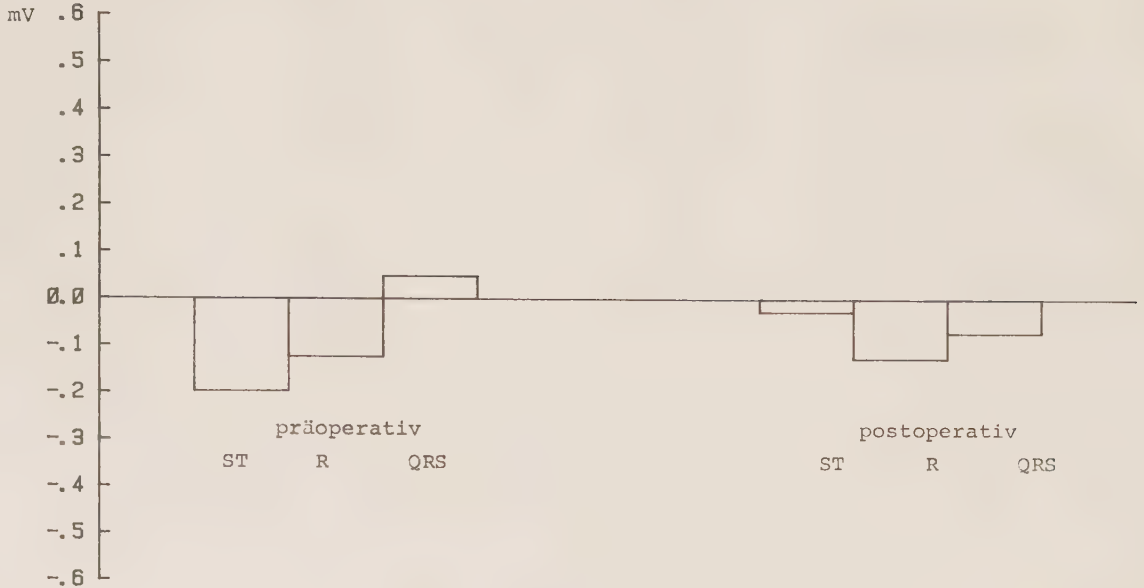
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,19	-0,14	0,02	-0,03	-0,09	-0,06
Standardabw.	0.12	0.32	0.38	0.05	0.24	0.25
SEM	0,02	0,05	0,06	0,01	0,04	0,04

Abb.21: Patienten mit alleine offenem RC Bypass (n=1), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



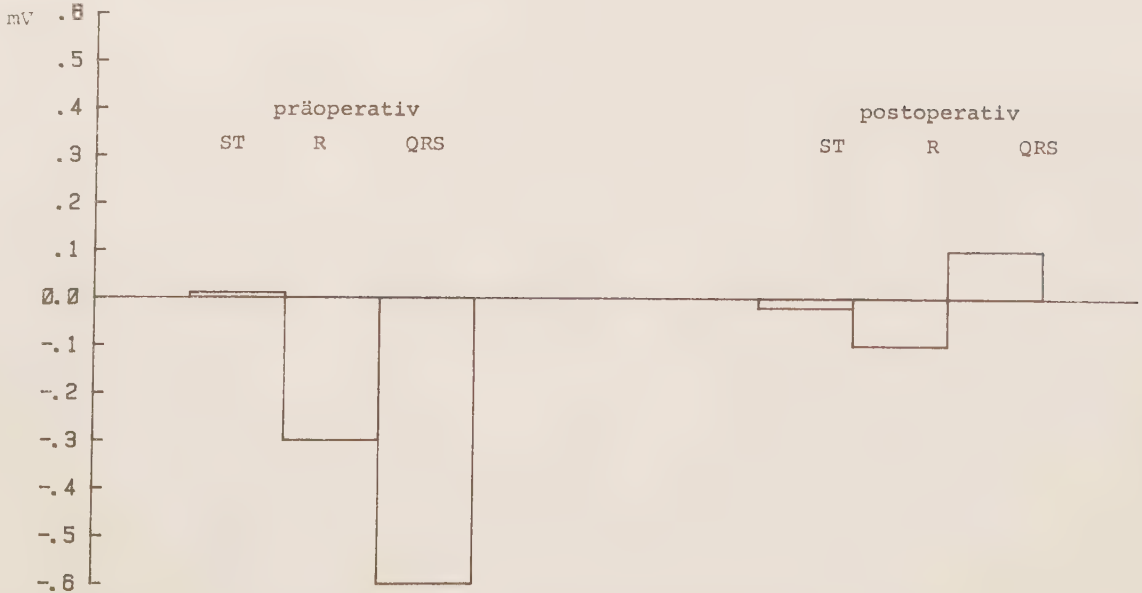
Mittelwert
Standardabw.
SEM

Abb.22: alle Patienten mit offenem RCA Bypass (n=47), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



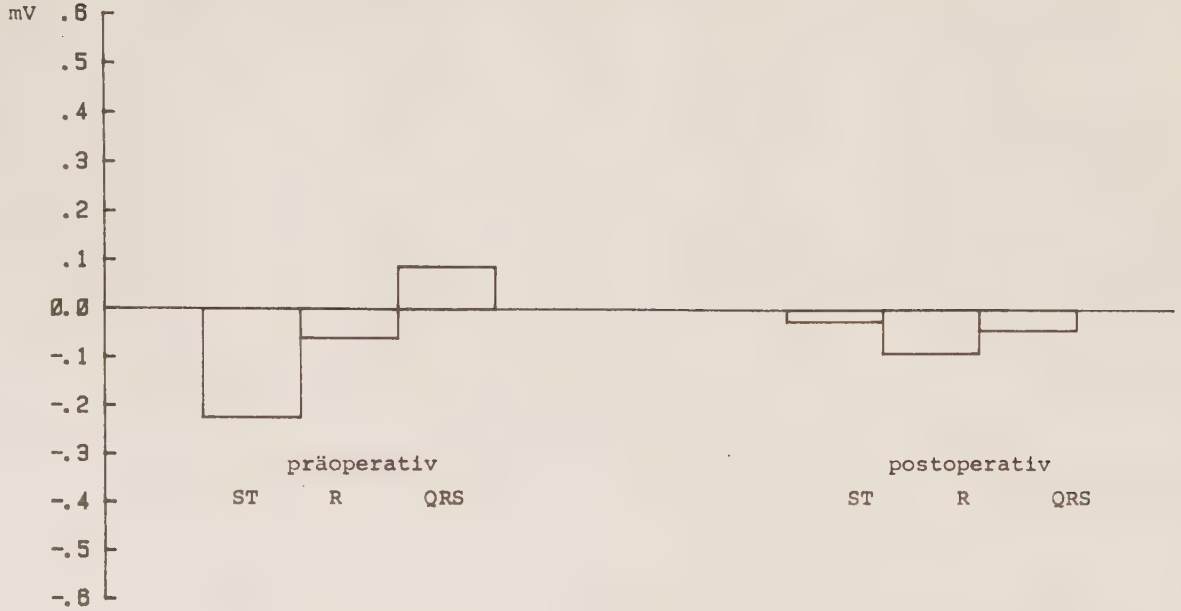
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,2	-0,12	0,05	-0,03	-0,13	-0,07
Standardabw.	0.12	0.38	0.43	0.05	0.23	0.25
SEM	0,02	0,05	0,06	0,01	0,03	0,04

Abb.23: Patienten mit alleine offenem RCA Bypass (n=1)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



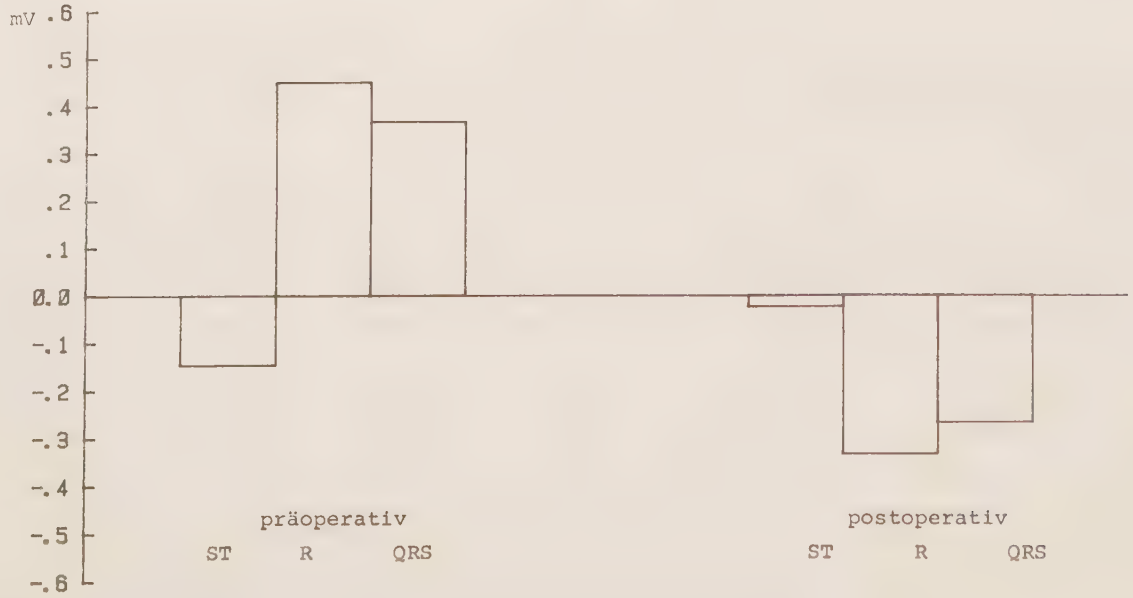
Mittelwert
Standardabw.
SEM

Abb.24: alle Patienten mit offenem RIA Bypass
(ST-Streckensenkung postoperativ ausgeblieben) (n=46)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



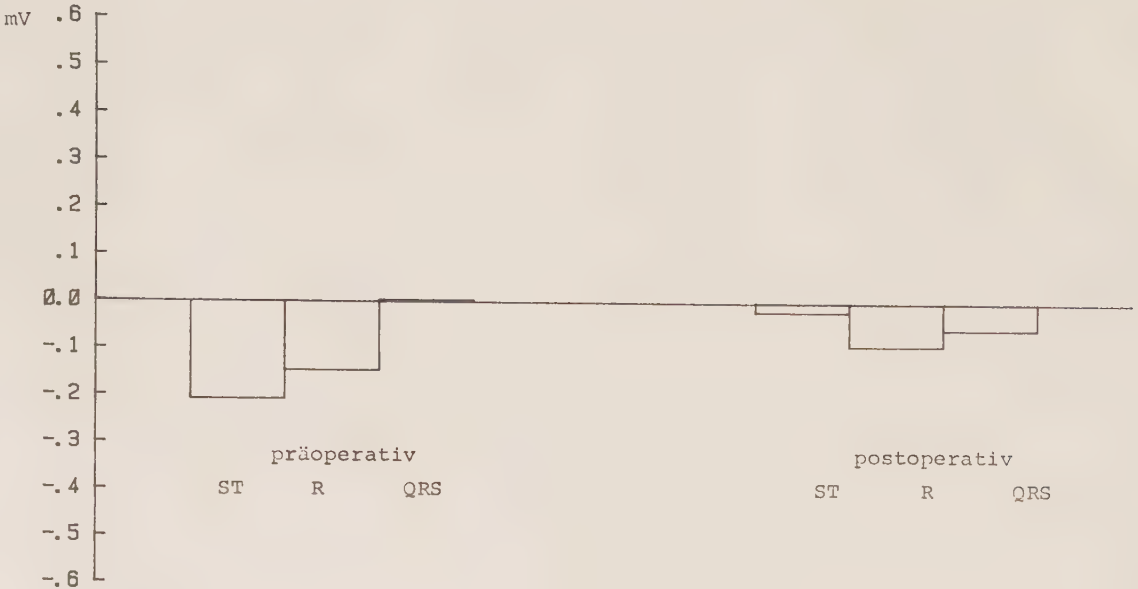
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,22	-0,06	0,09	-0,02	-0,09	-0,04
Standardabw.	0.1	0.36	0.49	0.03	0.24	0.26
SEM	0,01	0,05	0,07	0	0,04	0,04

Abb.25: Patienten mit alleine offenem RIA Bypass (n=6), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



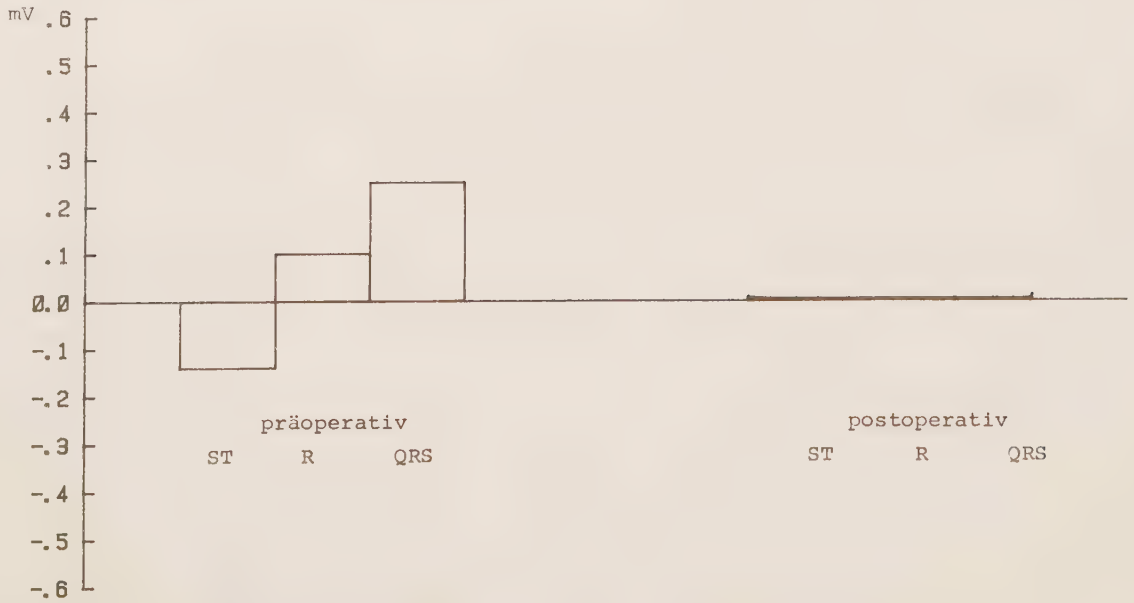
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,15	0,45	0,37	-0,02	-0,33	-0,27
Standardabw.	0.05	0.45	0.40	0.03	0.15	0.16
SEM	0,02	0,18	0,16	0,01	0,06	0,07

Abb.26: alle Patienten mit offenem RC Bypass (n=36), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



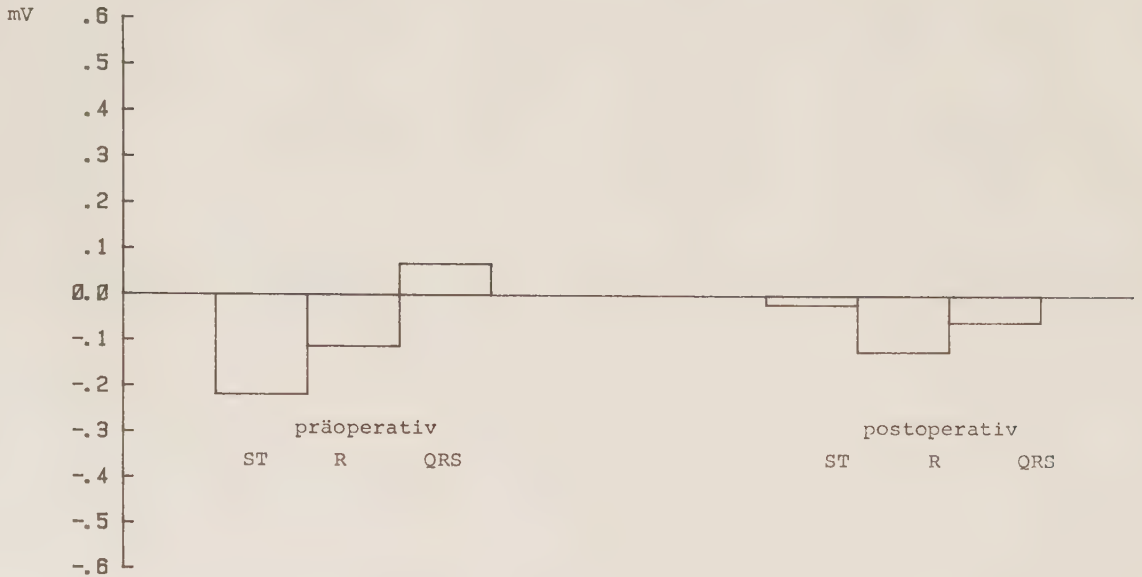
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,21	-0,15	0	-0,02	-0,09	-0,06
Standardabw.	0.11	0.32	0.39	0.04	0.24	0.27
SEM	0,02	0,05	0,07	0,01	0,04	0,05

Abb.27: Patienten mit alleine offenem RC-Bypass (n=2), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



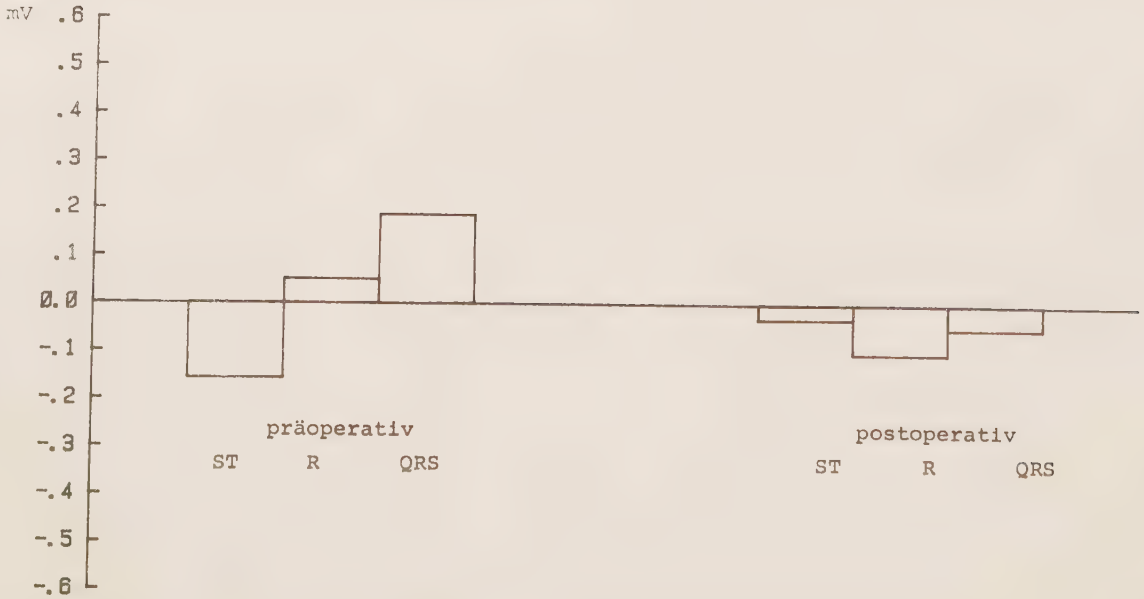
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,14	0,10	0,25	0	0	0
Standardabw.	0.06	0.0	0.07	0	0	0
SEM	0,04	0	0,05	0	0	0

Abb.28: Alle Patienten mit offenem RCA Bypass (n=40), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



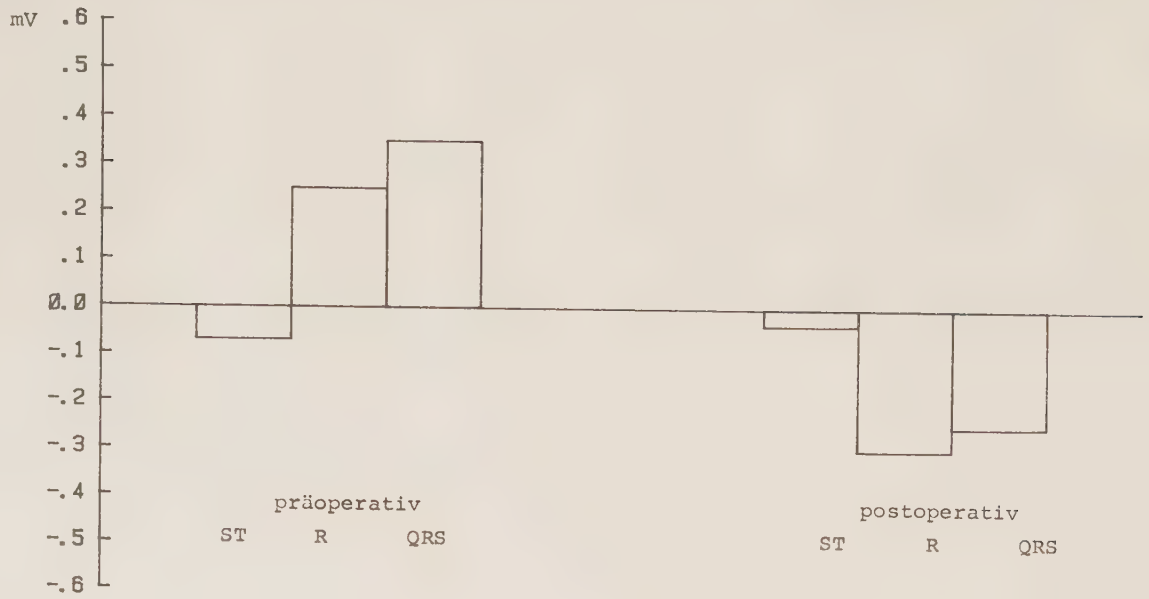
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,22	-0,11	0,07	-0,02	-0,12	-0,06
Standardabw.	0.1	0.39	0.46	0.03	0.23	0.26
SEM	0,02	0,06	0,07	0	0,04	0,04

Abb.29: alle Patienten mit offenem RIA Bypass (angiographisch objektiviert) (n=28)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



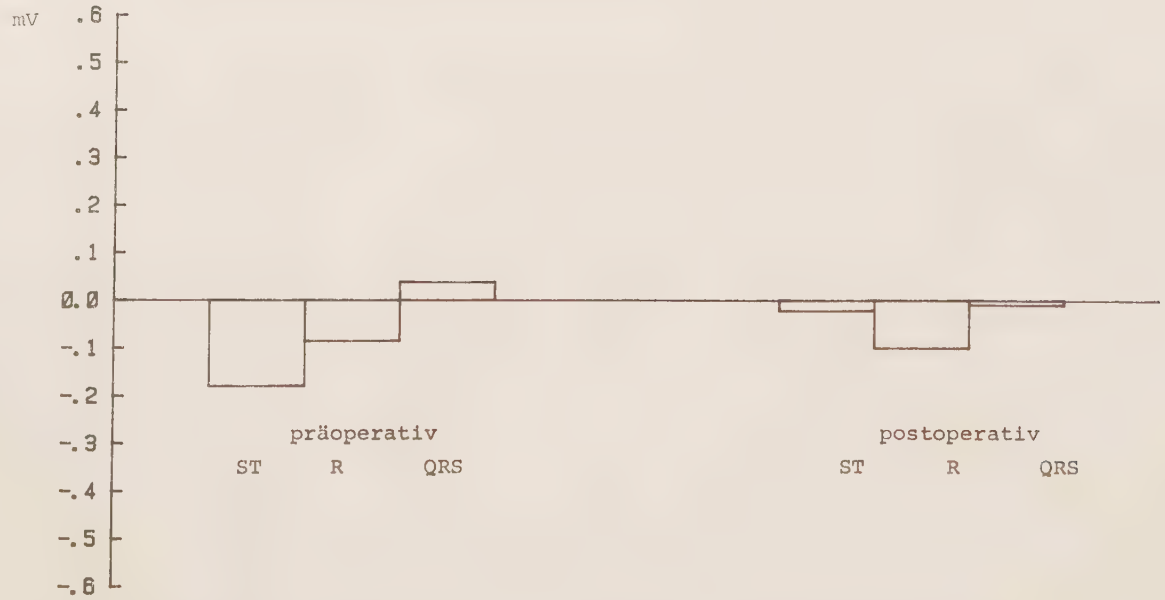
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,16	0,05	0,19	-0,03	-0,1	-0,05
Standardabw.	0.12	0.45	0.48	0.06	0.27	0.28
SEM	0,02	0,09	0,09	0,01	0,05	0,05

Abb.30: Patienten mit alleine offenem RIA Bypass (n=2), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



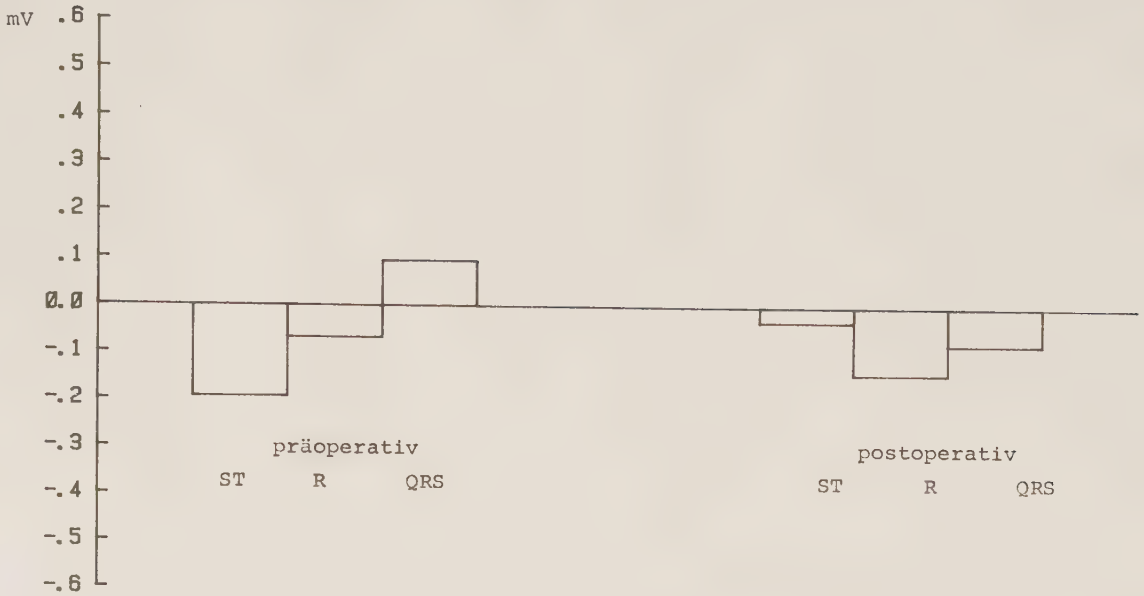
	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,07	0,25	0,35	-0,04	-0,3	-0,25
Standardabw.	0.04	0.21	0.49	0.05	0.28	0.07
SEM	0,03	0,15	0,35	0,04	0,2	0,05

Abb.31: alle Patienten mit offenem RC Bypass (n=21), Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



Mittelwert	-0,19	-0,09	0,04	-0,02	-0,1	-0,01
Standardabw.	0,14	0,4	0,42	0.07	0.22	0.3
SEM	0,03	0,09	0,09	0,02	0,05	0,07

Abb.32: alle Patienten mit offenem RCA Bypass (n=19)
Änderung Ruhe gegenüber Belastung.



	präoperativ			postoperativ		
	ST	R	QRS	ST	R	QRS
Mittelwert	-0,19	-0,07	0,09	-0,03	-0,14	-0,08
Standardabw.	0.13	0.53	0.45	0.04	0.24	0.28
SEM	0,03	0,12	0,1	0,01	0,06	0,06

IV. Diskussion

In der nichtinvasiven Diagnostik der Koronaren Herzkrankheit hat sich die ST-Streckensenkung im Belastungs EKG als aussagekräftiger Parameter bewährt. Bei Martin et al. (39) ergibt sich bei einer horizontalen oder descendierenden ST-Streckensenkung ab 1 mm eine Spezifität von 89%, d.h. von 100 Patienten ohne ST-Streckensenkung sind 89 auch wirklich gesund und eine Sensitivität von 62%, d.h. von 100 Patienten mit ST-Streckensenkung haben 62 eine Koronare Herzkrankheit.

Kriterien von 0,5 mm oder 0,75 mm ST-Streckensenkung ergeben wohl verbesserte Sensitivitäten, aber deutlich reduzierte Spezifitäten. Hoberg et al. (23) beschreibt die niedrigste Sensitivität der ST-Streckensenkung bei 1-Gefäßerkrankungen (67%), die sich jedoch bei 2 und 3 Gefäßerkrankungen auf 83% verbessert. Andere Autoren (34) erhielten bei Ein- und Mehrgefäßerkrankungen gleich häufig falsch negative Befunde. Bei Auswertung der ST-Streckensenkung zusammen mit aufgetretener Angina pectoris ergab sich eine bessere Vorhersagbarkeit einer Koronaren Herzkrankheit als unter Verwendung der ST-Streckensenkung alleine (16) - die Spezifität erhöhte sich von 59% auf 79%. Nach dem Ergebnis dieser Studie waren 90% aller abnormalen Antworten in V_5 sichtbar, und auch das Vorhandensein der ST-Streckensenkung war am besten in der präcordialen Ableitung V_5 auswertbar. Die ST-Streckensenkung gilt als ein funktionelles Zeichen einer Stoffwechselstörung an der Myocardmembran (16). Zusätzlich zur Koronaren Herzkrankheit können jedoch auch andere Gründe für das Vorliegen einer ST-Streckensenkung verantwortlich sein, so z.B. Anämie, Bronchopulmonare Krankheiten, Myocardhypertrophie u.v.a.m. (16).

Zur Verbesserung der Aussagefähigkeit des Belastungs EKG über die an der ST-Strecke ableitbaren Befunde wurde von einigen Autoren (12, 8, 1, 9, 11, 53) die Einbeziehung des R-Amplituden-Verhaltens vorgeschlagen.

Beim Gesunden wird, wie von vielen Autoren berichtet, die R-Amplitude im allgemeinen kleiner (12, 20, 1). Von 230 Patienten mit angiographisch gesichertem Koronarbefall hatten

in einer allerdings retrospektiven Studie von Berman et al. (9) 99% eine Koronare Herzkrankheit, wenn die Parameter ST-Streckensenkung und R-Amplitudenzunahme gemeinsam ausgewertet wurden. In retrospektiven Studien ist jedoch die Gefahr falsch positiver Befunde durch möglicherweise uneinheitliche Untersuchungstechniken oftmals erhöht. Bonoris et al. (11) beschreibt eine signifikante Verbesserung der Vorhersagbarkeit der Koronaren Herzkrankheit, wenn die R-Amplitude benutzt wurde. Bei ihm ergab sich für die ST-Streckensenkung eine Sensitivität von 48% und eine Spezifität von 59%. Bei Berücksichtigung der R-Amplituden verbesserten sich die Werte auf 63% bzw. 79%. Die sehr geringe Sensitivität für die ST-Streckensenkung resultiert möglicherweise aus der Art der Belastungsuntersuchung.

Morris et al. (41) beschreibt in einer Untersuchung, daß Änderungen der QRS-Amplitude Patienten mit Koronarer Herzkrankheit besser differenzieren als Änderungen der R-Amplitude, weil die QRS-Amplitude mehr ein Abbild des gesamten QRS-Vektors ist, während die R-Amplitude nur die eines lokalen Vektors.

Einige andere Autoren gelangten jedoch bezüglich der Verwendbarkeit der R-Amplitude, um Vorhersagen über das Vorhandensein von Koronarer Herzkrankheit treffen zu können, zu unterschiedlichen Ergebnissen. So ist bei Simoons et al. (48), der EKG Veränderungen mit Hilfe digitaler Computerauswertung an Hand der Frank'schen Ableitungen X, Y, Z untersuchte, die ST-Streckensenkung wesentlich sensitiver als ein Größerwerden der R-Amplitude (49). Auch Battler et al. (4, 3) fand keine signifikante Änderung der R-Amplitude im Belastungs-EKG und kommt zu dem Schluß, daß Veränderungen der R-Amplitude nicht zwischen Patienten mit normaler und abnormer Auswurfrate unterscheiden läßt. Bezüglich R-Amplitudenänderungen fand Hoberg et al. (23) bei Mehrfachuntersuchungen derselben Patienten mit bewiesener KHK deutliche intraindividuelle Unterschiede. Wagner et al. (51) findet oft ein Größerwerden der R-Amplitude bei KHK-Patienten, ist jedoch der Meinung, daß mit Hilfe dieses Parameters nur unzuverlässige Vorhersagen getroffen werden können.

Eine zufriedenstellende Erklärung für die divergierenden Ergebnisse über die Bewertung der R-Amplitudenänderungen unter Belastung wird auch dadurch erschwert, daß die physiologischen Grundlagen dieser Amplitudenänderung nicht hinreichend bekannt sind.
Am häufigsten wird zur Erklärung der Brody Effekt angeführt. Brody nahm an (12), daß ein Größerwerden des sich im Herzen befindlichen Blutvolumens tangential orientierte elektrische Vektoren verkleinert, während radial orientierte anwachsen. Der initiale QRS-Vektor, aus dem die R-Amplitude am Oberflächen-EKG entsteht, ist radial orientiert, so daß eine Zunahme des Herzblutvolumens auch ein Anwachsen der R-Amplitude induziert. Demgemäß gibt die R-Amplitude Änderungen des linksventrikulären Volumens wieder (12). In Versuchen stellte auch Greenberg et al. (20) fest, daß die R-Amplitudenänderung mit Änderungen der Auswurfrate bzw. der Ventrikelfunktion korreliert. Auch Berman et al. (9) beschreibt die Änderung der QRS-Voltage als Resultat der Ventrikeldysfunktion; es besteht ihm zufolge eine proportionale Beziehung zwischen linksventrikulärem enddiastolischem Druck (LVEDP) und dem Verhalten der R-Amplitude. Beide verhalten sich umgekehrt proportional zur Auswurfrate. In Untersuchungen von Cohn et al. (15) steigt während Ischämie der enddiastolische Druck an, während die Auswurfrate abfällt.

Bei Versuchen an Hunden findet David et al. (17) einen biphasischen Verlauf in der R-Amplitudenänderung. Nach Ligatur des Ramus circumflexus steigt LVEDV an, die R-Amplitude fällt daraufhin kurzzeitig ab, um dann endgültig zuzunehmen. Jedoch auch bei Ligatur der Vena cava wurde die R-Amplitude größer, obwohl das Herzvolumen abnahm. Bei weiteren Experimenten an Hunden und Katzen findet auch Manoach et al. (38) eine proportionale Beziehung zwischen zunehmender Herzgröße und QRS-Amplitude und kommt zu dem Schluß, daß die QRS-Amplitude größer wird, wenn die Kontraktilität z.B. durch Digitalis oder "stretching" erhöht wird. Bei Abnahme des Herzvolumens durch Blutung beschreibt er eine Abnahme der QRS-Amplitude.

Widersprüchlich zum Brody Effekt sind jedoch zum Teil echo-

kardiographische und binnenraumscintigraphische Untersuchungen an Gesunden, bei denen keine Veränderungen der Ventrikeldimensionen im Sinne einer Abnahme gefunden wurde (40, 50). Berger et al. (6) beschreibt in einer weiteren Studie nur eine Zunahme des Enddiastolischen Volumens bei KHK Patienten, wenn gleichzeitig eine Angina-pectoris-Symptomatik auftrat.

Zur Diskussion in einer Arbeit Davids et al. (17) stehen mögliche weitere Faktoren, die die R-Amplitude beeinflussen könnten: ein möglicher Verlust elektromotiver Kräfte in ischämischen Bezirken, eine veränderte Wandbewegung in ischämischen Bezirken, dünnere Wände während Ischämie, veränderte Muster intra- oder transmyocardialer Übertragung oder aber eine größere Dehnung dyskinetischer Bezirke.

Als ein wesentlicher Faktor wird von Manoach et al. (38) angenommen und tierexperiementell bewiesen, daß die Reduktion der Spannung der Myocardfasern im ischämisch geschädigten Herzen als zusätzlicher Faktor für die R-Amplitudenzunahme anzusehen ist. Blomquist (10) beschreibt als wesentlichen Faktor, der die Veränderungen der R-Amplitude bewirkt, eine Positionsänderung des Herzens. Während maximaler Belastung nimmt die Atemfrequenz zu, die Bewegungen der Brustwand und des Diaphragmas nähern sich mehr der Inspirationsstellung und die Residualluft nimmt zu, wodurch die Änderung der R-Amplitude bedingt sein soll. Weiterhin wird als zusätzlicher beeinflussender Widerstandsübertragungsfaktor die Zunahme der Distanz zwischen Herz und Registrierelektrode betrachtet (43). In einer Untersuchung, in der ein "Ganzkörpermapping" mit 24 Elektroden an gesunden Probanden durchgeführt wurde (40), fand sich unter Belastung eine zeitliche Zunahme des QRS-Komplexes, die als mögliche Ursache für die Abnahme der R-Amplitude angesehen wurde. Verantwortlich für dieseVerbreiterung sei eine Verzögerung der initialen Aktivierung der freien Wand des linken Ventrikels im Verhältnis zur Erregungsausbreitung in Septum und Hinterwand. Es wäre demzufolge ein von Lokalisation und Schweregrad der Koronaren Herzkrankheit abhängiges Verhalten der R-Amplitude zu erwarten.

In der vorliegenden Studie war wohl der Anteil der Patienten, die vor der Operation eine sogenannte pathologische R-Amplitudenreaktion zeigten, größer, als nach dem ischämiebeseitigenden Eingriff. Unbeachtet des Operationserfolges oder der Lokalisation der Stenosen zeigte sich postoperativ die pathologische R-Amplitudenreaktion bei dem Prozentsatz von etwa 30%.

Den vorliegenden Ergebnissen zufolge kommt somit eine klinische Anwendung der R- und QRS-Amplitudenhöhe zur Erkennung der Koronaren Herzkrankheit zur Zeit nicht in Frage. Sowohl die Anzahl falsch negativer Befunde (geringe Sensitivität) ist hoch, besonders präoperativ erkennbar, als auch die Anzahl falsch positiver Befunde (geringe Spezifität), besonders in der postoperativen Untersuchung. Die Aussagekraft des Verhaltens der ST-Strecke bleibt weiterhin der härteste EKG-Parameter für die Erkennung oder den Ausschluß der Koronaren Herzerkrankung.

V. Zusammenfassung

Akute Änderungen von R- und QRS-Amplituden im Belastungs-EKG wurden von verschiedenen Autoren als zusätzliches diagnostisches Hilfsmittel zur Erkennung einer koronaren Herzkrankheit angesehen; von anderen Autoren wird die Wertigkeit hingegen bestritten.

In der vorliegenden Untersuchung wurden prospektiv angefertigte Belastungselektrokardiogramme von 82 Patienten vor und nach einer aortokoronaren Bypassoperation im intraindividuellen Vergleich ausgewertet. Der Erfolg der Operation wurde bei 39 Patienten angiographisch, bei den übrigen aufgrund des postoperativen Ausbleibens von ischämischer ST-Streckensenkung und Angina pectoris bemessen.

Vor der Bypassoperation hatten 91% Angina pectoris, 80% eine ischämische ST-Streckensenkung, aber nur 55% eine sog. pathologische R- bzw. 65% eine pathologische QRS-Amplitudenreaktion.

Postoperativ verblieben noch 18% symptomatisch mit Angina pectoris, 17% mit belastungsabhängiger ST-Streckensenkung. Die sog. pathologische R- bzw. QRS-Amplitude war postoperativ prozentual immer noch bei 35% (R-Amplitude) bzw. 49% (QRS-Amplitude) nachweisbar.

Die Ergebnisse stellten sich auch nicht anders dar, wenn hinsichtlich des Koronaren Gefäßbefalles, der linksventrikulären Auswurfrate, des Koronarscores oder der regionalen Ventrikelfunktion unterschieden wurde.

Sofern eine gleichbleibende oder größerwerdende R- oder QRS-Amplitude unter Belastung als Ischämiekriterium angesehen wird, so ist dieses während der belastungsinduzierten Myocardischämie in 50-70% der Fälle nachweisbar. Es verbleibt ein hoher Rest falschnegativer Befunde (geringe Sensitivität).

Nach dem ischämiebeseitigenden Eingriff ist dieses Kriterium in weniger Fällen nachweisbar, es verbleiben aber viele falsch positive Befunde (geringe Spezifität).

Im Einzelfall jedoch läßt sich anhand der Veränderungen der R- oder QRS-Amplituden keine Aussage über den Erfolg einer Bypassoperation machen.

Das Verhalten der R- und QRS-Amplituden erlaubt weiterhin keinen Rückschluß auf die Lokalisation einer Myokardischämie, die hämodynamische Bedeutung der Stenosen (Koronarscore) oder die linksventrikuläre Auswurfrate.

Die sog. pathologische R- bzw. QRS-Amplitudenreaktion ist somit ein für den klinischen Routinebetrieb wenig aussagekräftiger Parameter.

VI. Literaturverzeichnis

(1) Allen, W.H., Aronow, W.S., Goodmann, P., Stinson,P.:
Five year follow-up of maximal treadmill stress test in asymptomatic men and women.
Circulation 62, 522 (1980)

(2) Battler, A., Froelicher, V., Gallagher, K.P., Kumada, T., McKown, D., Kemper, W.S., Ross, J.Jr.:
Effects of changes in the ventricular size on regional and surface QRS amplitudes in the conscious dog.
Circulation 62, 174 (1980)

(3) Battler, A., Froelicher V., Slutsky R., Ashburn W.:
Relationship of QRS-amplitude changes during exercise to left ventricular function and volumes and the diagnosis of coronary artery disease.
Circulation 60, 1004 (1979)

(4) Battler, A., Slutsky, R., Froelicher, V., Pfisterer, M., Watanabe, K., Christison, G., Ashburn, W.: The relation between QRS Amplitude changes and left ventricular ejection fraction during exercise.
Am.J. Cardiol. 43, 354 (1979) (abstract)

(5) H.-J. Becker, G. Kober, M. Kaltenbach:
EKG-Repetitorium.
Deutscher Ärzte Verlag GmbH. S. 112 1979

(6) Berger, H.J., Reduto, L.A., Johnstone, D.E., Borkowsky, H., Sands, J.M., Cohen, L.S., Langon, R.A., Gottschalk, A., Zaret, B.L., Pytlik, L.:
Global and regional left ventricular response to bicycle exercise in coronary artery disease. Assessment by quantitative radionuclide angiography.
Amer. J. Med. 66, 13 (1979)

(7) Berman, Julian L., Wynne, Joshua, Cohn, Peter F.:
Hemodynamic correlates of increased R-Wave sum in multiple lead treadmill exercise tests.
The American Journal of Cardiology 43, 354, 1979 (abstract)

(6) Berman, Julian L., Wynne, Joshua, Cohn, Peter F.:
Improving the accuracy of the exercise test by combining R-Wave changes with duration of ST segment depression.
Circulation 62, 200, Okt. 1980 (abstract)

(9) Berman, Julian L., Wynne, J., Cohn, P.F.:
Multiple-lead QRS changes with exercise testing. Diagnostic value and hemodynamic implications.
Circulation 61, 53 (1980)

(10) Blomqvist, G.:
The Frank lead exercise electrocardiogram. A quantitative study based on averaging technic and digital computer analysis.
Acta med. scand. Suppl. 440, 1965

(11) Bonoris, P.E., Greenberg, P.S., Christison, G.W., Castellanet, M.Y., Ellestad, M.H.:
Evaluation of R-wave amplitude changes versus ST-segment depression in stress testing.
Circulation 57, 904 (1978)

(12) Bonoris, P., Greenberg, P., Castellanet, M., Ellestad, M.H.:
Predictive value of R-Wave amplitude changes in treadmill stress testing.
Circulation 56, 197 (1977) (abstract)

(13) Brody, D.A.:
A theoretical analysis of intracavitary blood mass influence on the heart-lead relationship.
Circulation Research 4, 731 (1956)

(14) Bruce, R.A.:
Exercise testing for evaluation of ventricular function.
N. Engl. J. Med. 296, 671 (1977)

(15) Cohn, P.F., Gorlin, R.:
Abnormalities of left ventricular function associated with the anginal state.
Circulation 46, 1065 (1972)

(16) Cohn, P.F.:
Diagnosis and Evaluation of Coronary Artery Disease.
Little, Brown & Co., 81-112 (1979)

(17) David, E., Naito, M., Chen, C.C., Michelson, E., Morganroth, J., Schaffenburg, M.:
R-wave amplitude variations during acute experimental myocardial ischemia: an inadequate index for changes in intracardiac volume.
Circulation 63, 1364 (1981)

(18) Fortuin, N.J., Weiss, J.L.:
Exercise stress testing Reviews of Contemporary laboratory methods.
Circulation 25, 699 (1977)

(19) Friesinger, C.C., Smith, F.:
Correlation of electro-cardiographic studies and arteriographic findings with angina pectoris.
Circulation 46, 1173 (1972)

(20) Greenberg, P.S., Ellestad, M.N., Berge, R., Johnson, K., Bible, M., Hayes, M.:
Correlations of R-wave and EF changes with upright bicycle stress testing.
Circulation 62, 200 (1980) (abstract)

(21) Greene, D.G., Carlisle, R., Grant, C., Bunnell, H.:
Estimation of left ventricular volume by one-plane cineangiography.
Circulation 35, 61 (1967)

(22) Heintzen, P., Malercyk, V.:
Automatisierung der röntgenologischen Herzkammervolumenbestimmung unter Einsatz eines magnetischen Bildplattenspeichers.
Fortschr. Röntgenstr. 114, 739 (1962)

(23) Hoberg, E., Lunke, R., Wermuth, G., Klaus, D.:
ST-Streckensenkung und R-Amplituden-Änderung im Belastungs-EKG.
Zeitschrift für Kardiologie, Band 70, Heft 10, 1981

(24) Hollenberg, M., Budge, W.R., Wisneski, J., Gertz, E.W.:
Treadmill score quantifies electrocardiographic response to exercise and improves test accuracy and reproducibility.
Circulation 61, 276 (1980)

(25) Hurst, J.W.
The Heart.
McGraw Hill, New York 1982

(26) McIntosh, H.D., Garcia, J.A.:
The first decade of aortocoronary bypass grafting, 1966-1967. A review.
Circulation 57, 405 (1978)

(27) Kaltenbach, M., Martin, K.-L., Bartelt, K.M., Kutschera, J.
Assessment of ventricular volume from cineangiocardiograms in coronary heart disease.
Coronary Heart Disease, 187, Thieme, Stuttgart 1972

(28) Kaltenbach, M.:
Der Aussagewert von Belastungsprüfungen.
Internist 16, 152-159 (1975)

(29) Kaltenbach, M.:
Die Belastungsuntersuchung von Herzkranken.
Boehringer Mannheim Verlag, 1974

(30) Kaltenbach, M., Klepzig, H., Tschirdewahn, B.:
Die Kletterstufe, eine einfache Vorrichtung für exakt meßbare und reproduzierbare Belastungsuntersuchungen.
Med. Klinik 59, 248 (1964)

(31) Kaltenbach, M.:
Quantitative Bewertung koronarographischer Befunde mit Hilfe eines Punktesystems (Score)
Z. Kardiol. 64 (7), 597, (1975)

(32) Kentala, E., Heikkilä, J., Pyörälä, K.:
Variations of QRS amplitude in exercise EKG as an index predicting result of physical training in patients with coronary heart disease.
Acta med. scand. 194, 81 (1973)

(33) Kober, G., Martin, K.L., Bartelt, K.F., Kaltenbach, M.:
Die Koronare Herzerkrankung.
Aesopus Verlag München, 1977

(34) Kramer, N., Susmano, A., Shekelle, R.B.:
The "false negative" treadmill exercise test and left ventricular dysfunction.
Circulation 57, 763 (1978)

(35) Lepeschkin, E.:
Modern electrocardiography.
Baltimore 1951, The Williams & Wilkins Company, p. 151

(36) Mann, T., Brodie, B., Grossmann, W., McLaurin, L.P.:
Effect of angina on the left ventricular diastolic pressure-volume relationship.
Circulation 55, 761 (1977)

(37) Manoach, M., Gitter, S., Grosman, E., Varon, D., Gassner, S.:
Influence of haemorhage on the QRS complex of the electrocardiogram.
Am. Heart J. 82, 55 (1971)

(38) Manoach, M., Grosman, E., Varon, D., Gitter, S.:
QRS-amplitude changes during heart filling and digitalization.
Am. Heart J. 83, 293 (1972)

(39) Martin, C.M., McConahay, D.R.:
Maximal treadmill exercise electrocardiography: correlation with coronary arteriography and cardiac hemodynamics.
Circulation 46, 956 (1972)

(40) Miller, W.T., Spach, M.S., Warren, R.B.:
Total body surface potential mapping during exercise: QRS-T wave changes in normal young adults.
Circulation 62, 632 (1980)

(41) Morris, S.N., Lovelace, E.B., McHenry, P.L.:
Comparison of R wave and QRS amplitude during treadmill testing in normals and patients with coronary disease.
Am. J. Cardiol. 43, 352 (1979) (abstract)

(42) Nelson, C.V., Chatterjee, M., Angelakos, E.T., Hecht, H.H.:
Model studies on the effect of the intracardiac blood on the electrocardiogram.
Am. Heart J. 17, 83 (1961)

(43) Rantaharju, P.M. & Karvonen, M.J.:
Elektrophysiological consequences of the adaptive dilatation of the heart. In: Physical activity and the heart. Proceedings of a Symposium Helsinki, Finland (ed.M.J. Karvonen and A.J. Barry), p. 159, Thomas Springfield 1967

(44) Rosenkranz, K.A., Drews, A.:
Über eine modifizierte Ableitungsmethode zur Registrierung von Brustwandelektrokardiogrammen während dosierter körperlicher Belastung.
Z.f. Kreislaufforsch. 53, 615 (1964)

(45) Sachs, L.:
Statistische Auswertungsmethoden.
Springer Verlag Berlin/Heidelberg/New York 1968

(46) Schulz, W., Böhmer, D., Kaltenbach, M.:
Computerisierte Elektrokardiogramme im Rahmen sportärztlicher Belastungsuntersuchungen.
Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, Jg.31, 31-38 (1980)

(47) Schulz, W.:
Angiokardiographische Ventrikelvolumenbestimmung unter besonderer Berücksichtigung der Vergrößerungsfaktoren.
Inaug. Diss. Frankfurt 1976

(48) Simoons, M.L.:
QRS changes in Coronary artery disease.
Circulation 59, 841 (1979)

(49) Simoons, M.L., Hugenholtz, G.:
R-wave and ST-segment changes during exercise: Relative values in diagnosis of coronary artery disease.
The American Journal of Cardiology, 43, 353 (1979) (abstract)

(50) Stein, R.A., Michelli, D., Fox, E.L., Krasnow, N.:
Continuous ventricular dimension in man during supine exercise and recovery. An echocardiographic study.
Amer. J. Cardiology 41, 655 (1978)

(51) Wagner, S., Cohn, K., Selzer, A.:
Unreliability of exercise induced R-wave changes as index of coronary artery disease.
Am. J. Cardiol. 44, 1241 (1979)

(52) Wiener, L., Dwyer, E.M., Cox, J.W.:
Left ventricular haemodynamics in exercise-induced angina pectoris.
Circulation 38, 240 (1968)

(53) Yiannikas, J., Marcomichelakis, J., Taggart, P., Kelly, B.H., Emanuel, R.:
Analysis of exercise-induced changes in R-wave amplitude in asymptomatic men with electrocardiographic ST-T changes at rest.
The Americ. J. of Cardiol. 47, 238 (1981)

Herrn Prof. Dr. med. G. Kober und Herrn
Dr. med. W. Schulz danke ich für die Überlassung des Themas sowie für die fachliche und methodische Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.

Weiterhin stand mir hilfreich Herr D. Bund bei der Durchführung der statistischen Berechnungen an einem Computer der Firma Hewlett Packard (Typ HP 85) zur Seite, dafür vielen Dank.

Lebenslauf

Am 30. Juli 1956 wurde ich als Sohn des Postangestellten Hellmut Nischwitz und seiner Ehefrau Anna Maria, geb. Lechner, in Frankfurt/M.-Höchst geboren.

In den Jahren 1963 bis 1966 besuchte ich die Karl v. Ibell Volksschule in Ffm.-Unterliederbach; von 1966 bis 1975 das Leibniz Gymnasium in Ffm.-Höchst. Ich legte dort im Mai 1975 die Reifeprüfung ab.
An der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz studierte ich zunächst ein Semester Chemie.
Von 1976 bis 1977 leistete ich als Sanitätssoldat meinen Grundwehrdienst ab, unter anderem im Ernst Rodenwald-Institut unter Leitung von Herrn Prof. Dr.med.Dr.rer.nat. M.Bierther.

Das Studium der Humanmedizin begann ich im Sommersemester 1978 an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main.
Nach Bestehen der ärztlichen Vorprüfung (März 1980) und des ersten Abschnitts der ärztlichen Prüfung (März 1981), begann ich im Sommer 1981 mit der Dissertationsarbeit in der Abteilung für Kardiologie.
Am 18.3.1983 bestand ich den 2. Abschnitt der ärztlichen Prüfung und bin jetzt als Student im Praktischen Jahr am Städtischen Krankenhaus Ffm.-Höchst tätig.

Frankfurt am Main, den 22.6.1983

Dieter Nischwitz

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Humanmedizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel

"Verhalten der R- und QRS-Amplituden unter Belastung in Abhängigkeit von regionaler Myocardischämie vor und nach Bypassoperation"

im Zentrum der Inneren Medizin in der Abteilung für Kardiologie (Leiter: Prof. Dr.med. M. Kaltenbach) unter Leitung von

Prof. Dr. med. G. Kober

mit Unterstützung durch Dr.med. W. Schulz ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Frankfurt am Main, den 22.6.1983

Dieter Nischwitz